

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES DES ORGANISMES ET ÉCOLOGIE

Contribution à l'évaluation de la diversité ichtyologique de la région de Kinkole (Pool Malebo), RD du Congo

Priod, Benoit

Award date:
2005

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX
NAMUR**

Faculté des Sciences

**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE LA DIVERSITE ICTHYOLOGIQUE DE LA
REGION DE KINKOLE (POOL MALEBO), R.D. du CONGO**

**Mémoire présenté pour l'obtention du grade de
licencié en Sciences biologiques**

**Benoît PRIOD
septembre 2005**

La partie expérimentale de ce mémoire
s'est effectuée sur le site de Kinkole (Kinshasa)
du 03 février au 30 mai 2005.

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix

FACULTE DES SCIENCES

Secrétariat du Département de Biologie

Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR

Téléphone: + 32(0)81.72.44.18 - Téléfax: + 32(0)81.72.44.20

E-mail: joelle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE LA DIVERSITE ICHTYOLOGIQUE DE LA
REGION DE KINKOLE (POOL MALEBO), R.D. DU CONGO**

PRIOD Benoît

Résumé

À la fois l'importance et l'urgence du projet d'évaluation de la biodiversité nécessitent que nous utilisions les techniques d'estimation et d'extrapolation. Constituant le groupe le plus diversifié, les poissons sont sujets à une extinction d'autant plus importante que l'on se rapproche de l'équateur. L'évaluation de la diversité est basée sur des échantillons de la population. Notre échantillonnage a été effectué pendant 4 mois sur le Fleuve Congo (Pool Malebo, 4° Sud de l'équateur) au moyen de deux techniques, la pêche aux filets maillants et la pêche « à la sambwissa ». Le nombre de nouvelles espèces cumulées a été plotté en fonction de l'effort d'échantillonnage produisant ainsi une courbe cumulative des espèces. Pour chaque pêche, nous avons pu extrapoler cette courbe afin d'estimer la valeur de la richesse spécifique du milieu à l'aide de deux modèles asymptotiques. Le modèle de Clench donne les valeurs maximales et estime la diversité pour la pêche à la sambwissa à 151 espèces tandis que pour la pêche aux filets maillants, il l'estime à 84 espèces. Le modèle de dépendance linéaire, donnant les valeurs minimales, évalue quant à lui à 103 et 74 espèces la richesse spécifique capturée par ces deux méthodes respectivement. Les deux modèles permettent également d'estimer l'effort d'échantillonnage requis pour capturer l'ensemble de la diversité. En parallèle, les indices de diversité de Shannon, Simpson et Hill ont également été calculés selon les deux techniques de pêche. Il en ressort que celles-ci s'accordent pour confirmer que le milieu considéré est particulièrement riche en biodiversité. Les deux pêches sont complémentaires bien que non représentatives de l'ensemble du Pool. D'autres techniques complémentaires devraient être utilisées et réparties sur plusieurs cycles annuels pour estimer avec plus d'exactitude la richesse ichtyologique. À terme, cette étude s'inscrit dans la mise en œuvre d'une future gestion de conservation. Par ailleurs, une meilleure connaissance des peuplements de poissons et de leur variation au cours de l'année pourrait aider à établir, avec la participation des pêcheurs locaux, un programme de pêche assurant une exploitation durable de cette extraordinaire ressource.

Mémoire de licence en Sciences biologiques

Septembre 2005

Promoteur: J.-C. Micha; **Co-promoteur :** A. Mbomba (UNIKIN, Kinshasa)

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix

FACULTE DES SCIENCES

Secrétariat du Département de Biologie

Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR

Phone: + 32(0)81.72.44.18 - Telfax: + 32(0)81.72.44.20

E-mail: joelle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

**CONTRIBUTION TO THE EVALUATION OF THE ICTHYOLOGIC DIVERSITY IN
KINKOLE REGION (MALEBO POOL), D.R. OF CONGO**

PRIOD Benoît

Abstract

Both the importance and the urgency of the task of assessing biodiversity require that we use the estimation and extrapolation techniques. Fishes, which represent the most diversified group (28.916 species), are getting an extinction more and more serious as the Equator is near. Assessment is based on samples from the population. Our ranges have been made during 4 months on the Congo River (Malebo Pool, 4° South of Equator) by means of two techniques, fishing with mesh nets and sambwissa fishing. The captured species are plotted according to the sampling effort, making by this way a species accumulating curve. For each curve, we were able to make an extrapolation of the species richness thanks to the two models. The Clench model gives maximal values and estimates the diversity caught by the sambwissa fishing technique at 151 species while the diversity is 84 species when fishing with mesh nets. On the other hand, the linear dependence model provides an estimation of 103 species concerning the sambwissa fishing technique and 74 species regarding our second method. The two asymptotic models are able to give an estimation of the sample effort required to assess the whole diversity. In the same way, we've also computed the diversity indexes of Shannon, Simpson and Hill relating to the two fishing techniques. These results in relation to our two fishing methods confirm that we are in a high diversity environment. However, even if these two techniques are complementary they can't be representative of the whole Malebo Pool region.

Other complementary techniques must be used on more than one annual cycle to estimate with more exactitude the ichthyologic richness of this area. *In fine*, this study could contribute to the implementation of a future management of conservation. Moreover, thanks to a better knowledge of fish assemblages to purchase, and with the fishermen's involvement, a durable exploitation of this extraordinary resource could be considered.

Thesis of master in Biological Sciences

September 2005

Promoter: J.-C. Micha; Co-promoter : A. Mbomba (UNIKIN, Kinshasa)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le Professeur J.-C. Micha pour m'avoir permis de réaliser la première partie de ce mémoire à Kinshasa (RDC) et le Professeur A. Takoy pour son aide et son dévouement sans qui les séjours sur les îles du Fleuve Congo n'auraient sans doute pas eu lieu. Je remercie les membres de l'équipe du laboratoire d'ichtyologie du Musée Royal d'Afrique Centrale de Tervuren pour leur précieuse collaboration.

Je tiens à remercier également toute l'équipe de bio-hydraul'hic qui m'a encadré tout au long de ce séjour en Afrique.

Un tout grand merci à la famille Derlet pour m'avoir accueilli et soutenu pendant 4 mois et à mes parents qui malgré les distances ont toujours été présents.

Un grand merci à tous ceux que je ne cite pas car je sais qu'ils se reconnaîtront de toute façon. De cette manière, je suis sûr de n'oublier personne.
Félicitations à Lise et Céline pour m'avoir supporté.
Gégé, merci pour tout, heureusement que tu étais présente et que tu l'es toujours pour moi.

Madame P. Mergen, Messieurs V. Hallet, R. Mandiki et J. Snoeks, membres du jury, je vous remercie d'avance pour le temps que vous allez consacrer à la lecture critique de ce mémoire.

Table des matières

AVANT-PROPOS	1
<u>Introduction</u>	
1. LE FLEUVE CONGO	3
1.1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	3
1.2. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE	3
1.3. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE	4
2. LE POOL MALEBO	4
2.1. LOCALISATION	4
2.2. HISTORIQUE DU POOL MALEBO	5
2.3. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE	5
2.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE	5
2.5. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE	6
2.6. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU POOL MALEBO	6
2.7. LES MACROPHYTES DU POOL MALEBO	6
2.8. LES INVERTEBRES	7
2.9. LES VERTEBRES NON POISSONS	7
3. DIVERSITE ICTHYOLOGIQUE DE L'AFRIQUE, DU CONGO, DU POOL MALEBO	8
3.1. CARACTERES GENERAUX DES PRINCIPAUX ORDRES ET FAMILLES DE POISSONS	9
3.1.1. <i>Les Siluriformes.</i>	9
3.1.2. <i>Les Characiformes</i>	10
3.1.3. <i>Les Osteoglossiformes</i>	10
3.1.4. <i>Les Perciformes</i>	10
4. NOTION DE DIVERSITE	11
4.1. CONCEPT ET DEFINITION	11
4.2. DIVERSITE A DIFFERENTS NIVEAUX	11
4.3. NOTIONS D'ESPECE ET DE GENRE	12
4.4. RICHESSE SPECIFIQUE	12
4.5. LES INDICES DE DIVERSITE	12
4.5.1. <i>L'indice de Shannon</i>	13
4.5.2. <i>L'indice de Simpson</i>	13
4.5.3. <i>L'indice d'équitabilité</i>	13
4.6. FACTEURS DETERMINANT LA DIVERSITE (BIOTIQUE) SPECIFIQUE	13
5. EVALUATION DE LA DIVERSITE ICTHYOLOGIQUE	14
6. TRAITS BIOLOGIQUES DES POISSONS OU DIVERSITE FONCTIONNELLE ICTHYOLOGIQUE	15
6.1. NOTION DE DIVERSITE FONCTIONNELLE	15
6.2. DIVERSITE SPECIFIQUE OU DIVERSITE FONCTIONNELLE	15
7. PROBLEMATIQUE ACTUELLE	16
8. OBJECTIFS GLOBAUX	17
<u>Matériels et méthodes</u>	
1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE	18
1.1. LE POOL MALEBO	18
1.1.1. <i>Étude physico-chimique des eaux du Pool Malebo</i>	18
1.2. APPROCHE FLORISTIQUE DE L'ILE MIPONGO	19
2. PRELEVEMENT DES DONNEES	19
2.1. LES FACTEURS ABIOTIQUES	19
2.2. PECHE AUX FILETS MAILLANTS	20
2.3. PECHE A LA « SAMBWISSA »	21
3. DETERMINATION DES INDIVIDUS	21

Table des matières

4. TRAITEMENT DES DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES	21
5. EVALUATION DE LA DIVERSITE SPECIFIQUE DES POISSONS	21
5.1. COURBE CUMULATIVE DES ESPECES BASEES SUR LES ECHANTILLONS COMME VISUALISATION DE LA BIODIVERSITE	22
5.1.1. Le modèle de dépendance linéaire	23
5.1.2. Le modèle de Clench	23
5.2. CALCUL DES INDICES DE BIODIVERSITE	23
5.2.1. L'indice de Shannon	23
5.2.2. L'indice de Simpson	24
5.2.3. L'indice de Hill	25
6. BUT DES MESURES	26

Résultats et discussions

1. TRAITEMENT DES DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES ET CHIMIQUES	27
2. STRUCTURE DES PEUPELEMENTS ICTHYOLOGIQUES	27
2.1. PECHE AUX FILETS MAILLANTS	28
2.2. PECHE A LA SAMBWISSA	29
3. CALCUL DES INDICES DE DIVERSITE	30
4. COURBES CUMULATIVES DES ESPECES	31
4.1. TECHNIQUE DE LA PECHE AUX FILETS MAILLANTS	31
4.2. TECHNIQUE DE LA PECHE A LA SAMBWISSA	33
5. TRAITS BIOLOGIQUES : RICHESSE FONCTIONNELLE	34
6. DISCUSSIONS	34
6.1. ANALYSE DES DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES	34
6.2. STRUCTURE DES PEUPELEMENTS ET TECHNIQUES DE PECHE LA PLUS APPROPRIEE	35
6.3. LES INDICES DE DIVERSITE	36
6.4. LES MODELES ASYMPTOTIQUES	37

Conclusions et perspectives

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	41
-----------------------------	----

Bibliographie et appendice

BIBLIOGRAPHIE	43
APPENDICE A	45

Introduction

Avant-propos

Au sommet mondial de Rio de Janeiro (1992), nos dirigeants se sont mis d'accord pour adopter une stratégie de développement durable. Une des clés des accords adoptés à Rio était la convention sur la biodiversité (CBD = convention on biological diversity). Celle-ci est importante à de nombreux niveaux et pose de nombreuses questions concernant entre autres, le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes, l'utilité de toutes les espèces, les conséquences de l'introduction ou de la disparition des espèces...

Au sein de cette biodiversité, les poissons semblent constituer un modèle biologique intéressant pour aborder les questions posées.

Les poissons constituant le groupe de vertébrés le plus diversifié (28.916 espèces, FishBase, mai 2005) ont colonisé une très grande diversité de milieux, y compris les milieux extrêmes et présentent de ce fait un grand nombre d'espèces endémiques.

Mais, actuellement, cette diversité ichtyologique est menacée, essentiellement par les activités humaines. On estime à 20% les espèces de poissons d'eau douce menacées d'extinction (Ormerod, 2003). Les risques d'extinction sont encore plus élevés dans les régions où le pourcentage d'endémisme est important telles que l'Afrique où 16 des 30 familles de poissons primaires sont endémiques.

Actuellement, la pêche au Pool Malebo (sur le fleuve Congo en amont de Kinshasa) s'élève à 2000 tonnes de poissons par an (Mbadu, 2003). De nombreux poissons sont également capturés pour divers loisirs (pêches sportives, aquariophilie,...). Par ailleurs, la population de Kinshasa subissant une croissance continue de 4,7 %, cette ressource s'avère d'une importance cruciale pour les populations locales (d'après Panud/Unops, 1998 ; Mbadu, 2003).

A l'image de sa jumelle amazonienne, l'Afrique centrale focalise aujourd'hui l'attention des médias et de la communauté scientifique qui argumentent actuellement en faveur de la défense des écosystèmes tropicaux. Pour contrer la perte de biodiversité, une gestion de conservation et une information de base en termes qualitatif et quantitatif à chaque niveau d'organisation sont nécessaires. L'établissement de la composition spécifique et de l'étendue de la variabilité semble être une première démarche de conservation à cet égard.

Bien que quelques études aient déjà été menées dans le Pool Malebo (Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique, Poll & Gosse, 1996), la richesse ichtyologique de cette région a été peu explorée (Teugels & Guégan, 1994). La systématique des poissons d'eau douce africains présente actuellement des défauts tels que l'existence de groupes taxinomiques encore peu étudiés.

L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, ex-ORSTOM) en collaboration avec le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) ont publié un guide complet des poissons d'eau douce et saumâtre de l'Afrique de l'Ouest (Lêvêque & at., 1992). Il n'existe actuellement aucun ouvrage sur l'Afrique centrale, notamment sur le fleuve Congo. Cependant, celui-ci présente une diversité ichtyologique remarquable. Par exemple, la région du Congo est exceptionnellement riche en espèces de Cyprinidae (111 espèces) à égalité avec les Mormyridae (110 espèces) (Teugels et Guégan, 1994).

Notre travail visera ainsi à une évaluation de la biodiversité sur base essentiellement de techniques d'échantillonnage suivies d'une analyse statistique. Pour obtenir un relevé cohérent de la diversité ichtyologique, plusieurs zones seront définies, de sorte que chacune puisse compléter les autres par sa richesse spécifique propre. Il sera possible d'établir une analyse statistique par sites et par méthodes de pêches. La principale analyse utilisera un

module de régression non-linéaire qui permettra d'adapter un modèle asymptotique aux données (Llorente & Sobberon, 1993 et Moreno & Halfpeter, 2000). On établira ainsi une courbe cumulative des espèces permettant d'estimer la richesse spécifique vraie des différents sites.

Cette étude s'articule sur quatre parties :

- La première partie est une revue bibliographique des contextes géo-, climato- et hydro-logiques du Pool Malebo et de ses environs ainsi qu'un rappel des notions d'espèce, de diversité, de traits biologiques et des problèmes actuels.
- La deuxième partie est un exposé sur la diversité du Pool, la description des sites, ainsi que la méthodologie employée pour évaluer la diversité.
- La troisième partie est consacrée aux résultats obtenus et à la discussion de ces derniers.
- Enfin la dernière partie regroupera les conclusions ainsi que les perspectives pour l'établissement d'une évaluation et une protection des espèces ichtyologiques du Pool.



Figure 1 : Carte de la République Démocratique du Congo (Université du Texas).

1. Le Fleuve Congo

1.1. Contexte hydrologique

La majeure partie de la République Démocratique du Congo (RDC) est drainée par le bassin du fleuve Congo, qui se déverse dans l'océan Atlantique. Par sa longueur, estimée à plus de 4.700 km, le fleuve Congo occupe le 5^{ème} rang à l'échelle mondiale. La largeur de son lit atteindrait, au Pool Malebo, 25000 mètres. A Kinshasa, le lit se rétrécit jusqu'à 1650 mètres.

Un tiers du bassin se trouve dans l'hémisphère nord et deux tiers sont localisés dans l'hémisphère sud (Figure 1). Cette répartition asymétrique par rapport à l'Equateur a des conséquences importantes sur le régime du bassin. En effet, la saison sèche de l'hémisphère Nord apparaît en général vers janvier, alors que dans l'hémisphère Sud, elle se fixe autour de juillet.

Les précipitations représentent le facteur le plus important pour le débit des cours d'eau. Le fleuve Congo possède un débit considérable de 23000 à 50000 m³ occupant ainsi à l'échelle mondiale, la 2^{ème} place après l'Amazone.

Le bassin du fleuve Congo est disposé en éventail avec des affluents convergeant vers la rivière principale. On distingue dans ce bassin deux directions opposées. Premièrement, on remarque les grands collecteurs est-ouest : le tronçon Ubangi-Uele, le Congo entre Kisangani et Mbandaka et le Kasai (en aval de Ilebo). Quelques grands collecteurs sud-nord s'y ajoutent tels que le Lualaba, le Lomami et le Kasai (en amont de Ilebo) ainsi que le tronçon Nord-Sud de l'Ubangi, en aval de Bangui. Enfin, le drainage vers l'océan Atlantique se fait par le Congo qui coule en direction sud-sud-ouest à partir de Mbandaka.

1.2. Contexte climatologique

La République Démocratique du Congo présente un climat particulièrement varié puisqu'il subit non seulement les influences de l'océan Atlantique mais aussi celles des alizés de l'océan Indien, celles de la zone équatoriale et celles des régions montagneuses de l'est. Au niveau de l'Equateur, on observe rarement des températures inférieures à 20 °C. Par contre, dans le Nord-Est, l'Est et le Sud-Est, régions de plateaux et de montagnes, l'altitude modifie considérablement les conditions climatiques.

La température est en moyenne de 25°C autour de la cuvette, de 26°C sur la côte, de 18 à 20°C à l'altitude de 1500 mètres, de 16 à 17°C à 2000 mètres, de 11°C à 3000 mètres et de 6°C à 4000 mètres.

Dans la partie Nord du pays, les saisons des pluies durent d'avril à la fin du mois de juin et du mois de septembre à la fin du mois d'octobre. Les saisons sèches durent de début novembre à fin mars (grande saison sèche) et de début juillet à fin août (petite saison sèche). Au Sud de l'Equateur, le rythme des saisons est inversé. Dans les régions montagneuses de l'Est, les deux saisons sèches ne durent qu'un mois, en janvier et en juillet. Dans le Nord-Katanga et le Sud-Kasaï, les pluies commencent début octobre pour cesser fin avril, mais une petite saison sèche s'intercale au mois de janvier.

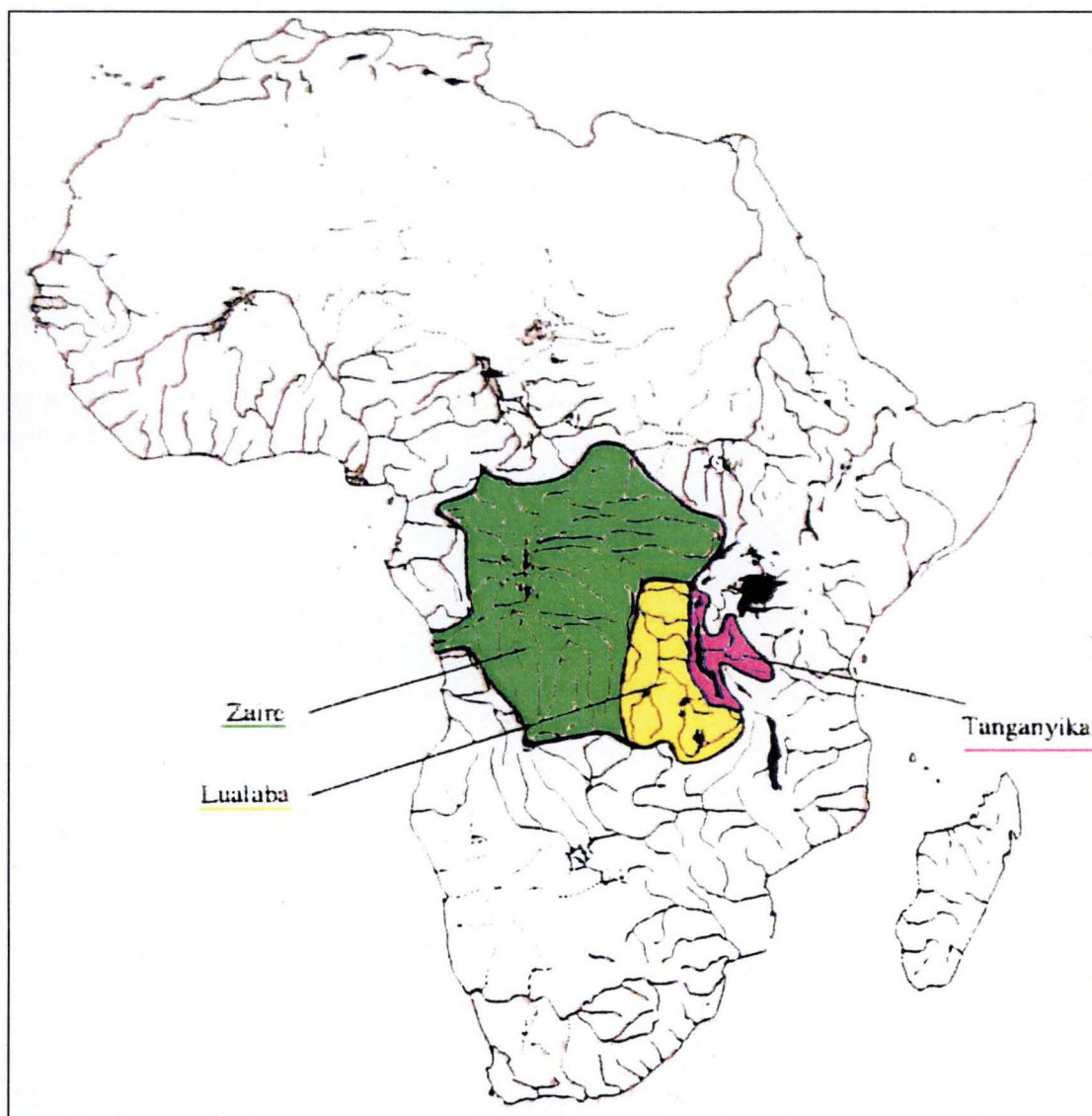


Figure 2 : Le bassin du Congo d'après Poll, 1957 (Teugels, 1994).

1.3. Contexte hydrographique

Le bassin du Congo, situé en Afrique centrale, est une région délimitée à l'Ouest par l'Atlantique, à l'Est par la chaîne des Grands Lacs, au Sud par le Zambèze et les bassins côtiers de l'Angola, au Nord par le Bassin Tchadien et par le Bénoué et au Nord-Ouest par le Bassin de la Cross (Nigéria-Cameroun) (Figure 2). Quatre-vingt à quatre-vingt-cinq pourcents du bassin appartiennent à la « Low Africa » (altitude inférieure à 500 m) et 15 à 20% à la High Africa (supérieure à 500 m d'altitude). Le bassin du Congo, un des plus remarquable au monde par sa diversité ichtyologique, couvre une superficie de 3747320 km² pour un débit de 23000 m³ à 50000 m³ au Pool Malebo (Teugels & Guégan, 1994 et Levêque & Paugy, 1999).. De nombreuses connexions existent avec des bassins adjacents : le Bassin du Tchad par le seuil oubangien, les lacs du Rift Est-Africain par la rivière Lukuga, le Bassin du Zambèze, avec les hauts cours des rivières angolaises par la rivière Kasai.

Globalement, la région du Congo peut être divisée en trois zones hydrographiques. La première, le Congo supérieur ou Lualaba, d'écoulement Sud-Nord, s'étend de la source jusque Kisangani. La Lualaba prend sa source à 1400 m d'altitude dans les plateaux du Shaba. La deuxième zone s'étend de Kinsangani à Kinshasa et ne présente qu'un dénivelé de 100 m tout en se dirigeant vers l'Ouest. Enfin, la troisième zone à travers laquelle le fleuve franchit de nombreuses cataractes avec une dénivellation de 265 m. En traversant le massif du Mayombe, le fleuve change plusieurs fois de direction pour venir s'épanouir à son embouchure en se prolongeant par un long canyon sous-marin.

2. Le Pool Malebo

2.1. Localisation

Le Pool Malebo s'étend à partir du fleuve Congo. Il est localisé à la frontière entre la RDC, au niveau de Kinshasa, et le Congo-Brazaville, plus précisément à une latitude 4°20' Sud, longitude 15°30' Est (Burgis & Simoens, 1987).

La figure 3 nous montre que le Pool est situé à une altitude de 272 m et constitue un élargissement du fleuve Congo, formant une cuvette de plus de 35 km de long et de 25 km de large lui conférant une surface de 500 km².

Le Pool s'étend de Maluku à l'entrée du fleuve en amont jusqu'à sa sortie du fleuve en aval à Kinsuka. La plaine alluviale située entre les rivières Ndjili et Nsele est une zone marécageuse souvent recouverte par les eaux lors des crues. La partie centrale du Pool est occupée par l'île principale, l'île Mbamou (180 km²), en territoire congolais. Le reste du Pool est occupé par différentes îles de tailles variables. Les trois îles auxquelles nous nous intéressons plus particulièrement dans ce travail sont les îles Mipongo, Molondo et Japon. La première se positionne à la latitude 4°16'32,4''S, longitude 15°30'39,2''E, la seconde 4°17'3''S de latitude et 15°27'26,6''E de longitude et la dernière, 4°18'27''S de latitude et 15°30'46,2''E de longitude (Mbadu, 2003). Ces trois îles se situent à proximité du village de Kinkole localisé entre deux affluents du fleuve Congo, Lingundu et Mfusu. La population de Kinkole est estimée à 150000 habitants mais, depuis les guerres, le nombre de réfugiés n'a cessé de modifier le nombre d'habitants.

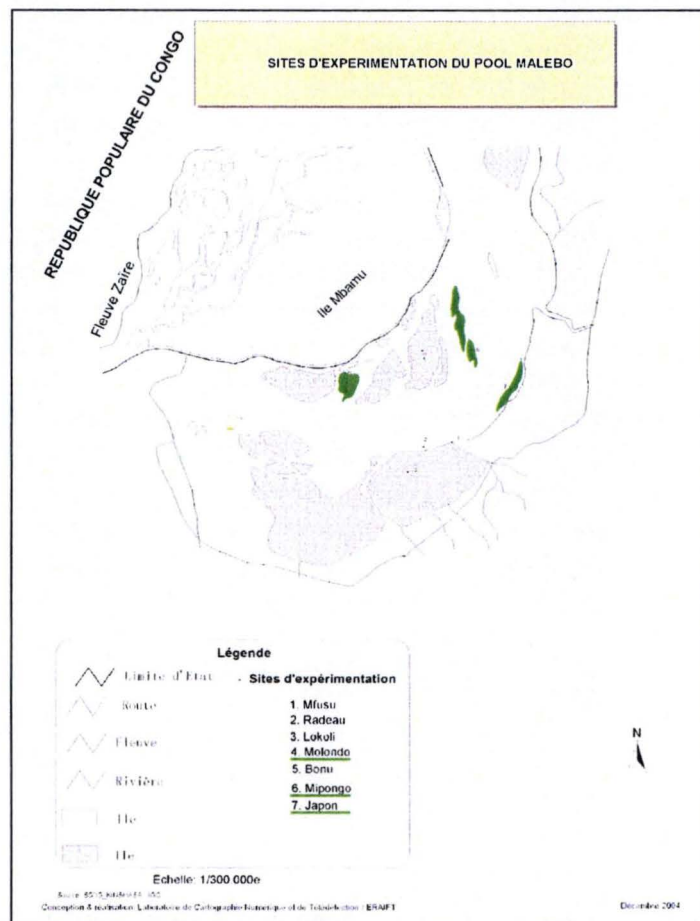


Figure 3 : Carte du Pool Malebo (ERAIFT /ICG d'après Mbadu, 2003).

2.2. Historique du Pool Malebo

Le Stanley Pool, ancienne dénomination du Pool Malebo, doit son nom à l'explorateur britannique Henry Morton Stanley qui fut envoyé en Afrique pour retrouver le docteur Livingstone. Par la suite, ne recevant pas l'aide de l'Angleterre pour ses explorations, H. M. Stanley se met au service du roi Léopold II. Il remonte le fleuve Congo jusqu'au Stanley Pool où il installe la première station de Léopoldville qui deviendra Kinshasa (Eale, 2004).

D'après Burgis et Simoens, « pool » signifie un milieu peu profond et de petite taille devant son origine aux pluies et aux inondations. Le terme Malebo est choisi en référence aux palmiers rôniers, *Barassus aethiopium* Mart., appelés par les autochtones Malebo (Sumaéli 2003). Le Pool Malebo est plus qu'une simple étendue d'eau. C'est un complexe d'îles entourées de chenaux et bordées par endroits de basses plaines marécageuses dont les contours et le bassin versant changent sans arrêt.

2.3. Contexte hydrographique

Le débit moyen du fleuve à Kinshasa est de 40000 m³/s variant en moyenne de 30000 m³/sec en août à 54000 m³/sec en décembre (d'après le service technique de la régie des voies fluviales « RVF » ; Mbadu, 2003). Les débits extrêmes enregistrés sont de l'ordre de 22000 à 75000 m³/sec. La vitesse moyenne du fleuve au niveau du Pool peut varier fortement mais reste proche des 5 km/h. L'eau du Pool reste constamment renouvelée au niveau des chenaux principaux. Par contre, il existe des zones où le courant est nul et peut même aller dans le sens inverse du flux principal du fleuve.

Le niveau varie de 3 m entre la période des basses eaux en juillet-août et la période des hautes eaux en novembre-décembre. Les profondeurs du bassin sont généralement faibles de l'ordre de 3 à 10 m avec parfois des crevasses pouvant atteindre 40 m.

La région de Kinshasa est baignée par plusieurs affluents du fleuve Congo dont les plus importants sont la N'Djili avec un bassin de 2000 km², la rivière N'sele avec un bassin de 5000 km², la rivière Funa.

2.4. Contexte géologique

En amont du Pool, le fleuve creuse son lit dans des grès du crétacé. En aval de Kinshasa, il butte contre les roches plus résistantes du système de l'Inkisi et s'étale dans la cuvette sur les grès plus tendres avant de forcer le passage par la première série de cataractes entre Kinshasa et Manyanga.

Les grandes vallées de Ndjili et de Nsele ainsi que les zones marécageuses s'étendent sur des alluvions récentes. Des couches plus anciennes d'alluvions apparaissent au niveau d'anciennes terrasses du fleuve.

Dans la région de Kinshasa, les sols sont de nature sableuse et argileuse riche en fer et alumine et sont soumis à l'action d'un climat chaud et humide. Ces sols sont principalement à texture sablonneuse avec des éléments grossiers. La faible capacité de rétention en eau de ces sols leur confère une utilité marginale pour l'agriculture (Burgis & Simoens, 1987).

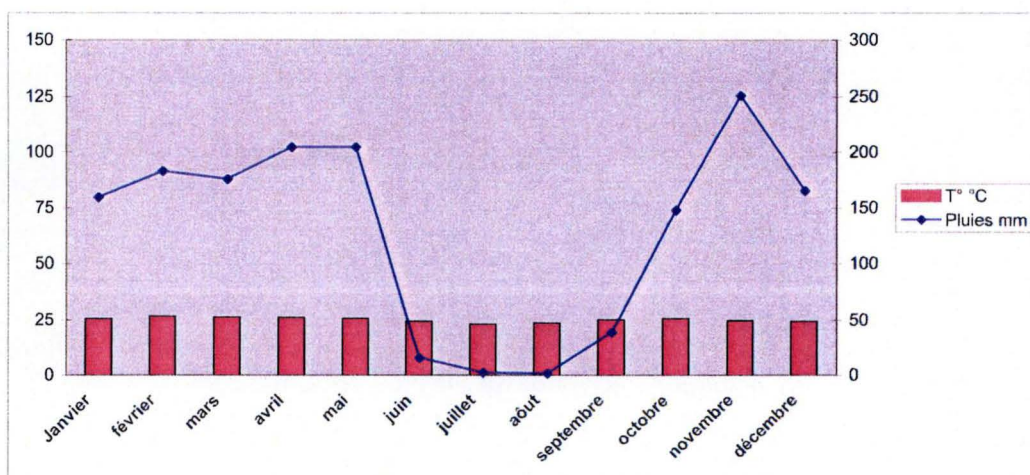


Figure 4 : Diagramme ombrothermique, région de Kinshasa (METTELSAT d'après Mbadu, 2003).

2.5. Contexte climatologique

Comme évoqué précédemment, la région du Pool et donc de Kinshasa baigne dans un climat équatorial à tropical (Levêque & Paugy, 1999). On y distingue également deux saisons principales, une grande saison sèche de juin à septembre et une grande saison humide de septembre à juin. Ci-dessous, la moyenne des précipitations et des températures a été calculée sur base des moyennes mensuelles durant une période de 5 ans allant de 1999 à 2004. Ces données climatiques proviennent du service de l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite, « METTELSAT », station de Ndjili.

Nous pouvons noter sur la figure 4 que la température moyenne mensuelle maximale a été enregistrée en février et mars (26,6°C) et la température moyenne minimale a été observée en juillet (23,3°C). Le mois de novembre a été le plus pluvieux durant la période de janvier à décembre 2004.

L'humidité relative moyenne de l'air atteint sa valeur maximale (88%) aux mois de janvier, juin, juillet et décembre et sa valeur minimale en août et septembre (80%) (Mbadi, 2003).

L'insolation moyenne annuelle est de 1650-1700 heures/an.

Le régime des vents varie en fonction de la saison. De juin à septembre, le vent souffle d'Ouest et de Sud-Ouest de façon régulière. La direction reste sensiblement identique.

2.6. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du Pool Malebo

Les eaux du Pool sont faiblement minéralisées. Des analyses mensuelles entre décembre 1976 et novembre 1977 ont fourni les résultats suivant (Figure 5) : Ca^{2+} , 2,23 mg/l ; Mg^{2+} , 0,86 mg/l ; K^{+} , 1,33mg/l, HCO_3 , 7,11 mg/l ; SO_4^{2-} , 2 mg/l ; Cl^{-} , 2,71 mg/l ; SiO_2 , 9,7 mg/l. La conductivité était en moyenne de $31,5 \cdot 10^{-6} \text{ S.cm}^{-1}$ (Deronde et Symoens 1980).

Les eaux du Pool sont de pH faible à neutre (pH 6-7), et l'oxygène est présent dans toute la colonne d'eau avec une teneur en oxygène au mois de septembre 1957 de 5,45 mg/l (Poll 1959). Des données récentes des eaux aux alentours de Kinkole sont présentées au Tableau 1 page 18 du chapitre *Matériels et méthodes*.

2.7. Les macrophytes du Pool Malebo

Les parties du Pool inondées temporairement présentent une végétation aquatique et marécageuse, herbeuse ou forestière. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'eau, on rencontre différents groupes floristiques. Premièrement, les groupes aquatiques flottants avec les *Pistia Stratiotes* (L.), *Salvinia auriculata*, *Salvinia nymphyllula*, remplacées par *Eichornia crassipes* (Martius), plante « alien » envahissante qui perturbe la navigation sur le fleuve. La végétation flottante peut prendre un développement considérable lorsque des tiges se détachent et s'entremêlent avec des racines, formant ainsi un feutrage propice au développement des graines (Sumaéli, 2003). Dans les zones plus calmes, se développent des *Nymphaea lotus* (L.), *N. maculata* (L.). Les prairies aquatiques, le long des berges, sont

essentiellement constituées de *Vossia cupsidata* (Griff), *Echinocloa stagnina* (Retz, Beauv.), *E. pyramidalis* (Lam.), *Ipomoea aquatica* (Forsk), *Neptunia prostrata* (Lam.). Les rives marécageuses sont colonisées par des roselières à *Phragmites mauritanus* (Cav) et *Cyperus papyrus* (Lam.).

2.8. Les invertébrés

Aux environs de Kinshasa, on observe la présence d'éponges *Potamolepis schoutedoni* (Burton) et *Metania linostrongyla* (Gray) et de la méduse *Limnocyclus congolensis* (Bouillon). Les mollusques sont également présents avec les Planorbes, Bulins, Lanistes,...

Parmi les crustacés, les crevettes des genres *Palaemon* et *Caridina* sont présentes au niveau du Pool ainsi que des crabes des genres *Erimatops* et *Potamonautus* (Pwema, 2004).

Les insectes les plus étudiés sont les vecteurs de maladies, à savoir les moustiques, simules et glossines. Mais on retrouve également des Oligochètes, des Odonates, des Trichoptères, des Ephémères (*Povilla*), des Hyménoptères, des Coléoptères (*Cybister*), des Diptères (Culicidae et Chironomidae),...(Burgis & Simoens, 1987)

2.9. Les vertébrés non poissons

Nous traitons ici des vertébrés inféodés aux milieux aquatiques. Dans le groupe des batraciens, on note la présence des familles des Bufonidae (*Bufo funerus*, *Bufo maculatus* et *Bufo regularis regularis* Reuss.) et des Ranidae (*Dicroglossus occipitalis* Günther, *Hemisus marmoratum*, *Hymenochirus curtipes* Noble, *Rana mascariensis*, ...) (Skeleton & Bourgeois)

Parmi les reptiles, il est possible de rencontrer trois espèces de crocodiles : *Crocodylus niloticus* Laurenti Cuvier, *C. cataphractus* Cuvier et *Osteolemus tertrapis* Osborni (Schmidt) ; également 165 espèces de serpents dont le Boulengerina, le mamba vert (*Mamba dendroaspis*), *Natriciteres olivacea olivacea* Peters, *Grayia ornata* Bocage *Philothamnus irregularis irregularis*, *Bitis arientans arientans* Merrem, *Atheris squamigera squamigera* Hallowell et plusieurs espèces de tortues (*Kinixys erosa* Schweigger, par exemple).

Les oiseaux présentent également une diversité importante. Actuellement, on répertorie 350 espèces, dont le pélican gris (*Pelecanus rufescens*, J. F. Gmelin), le cormoran africain (*Phalacrocorax africanus*, J. F. Gmelin), l'aigle pêcheur (*Haliaeetus vocifer*), plusieurs espèces de martin-pêcheur et de hérons,...

Sur les îles, on peut noter la présence de *Luttra maclicollis* (Lichtenstein) et de *Dasymys bentleyae* (Bentley).

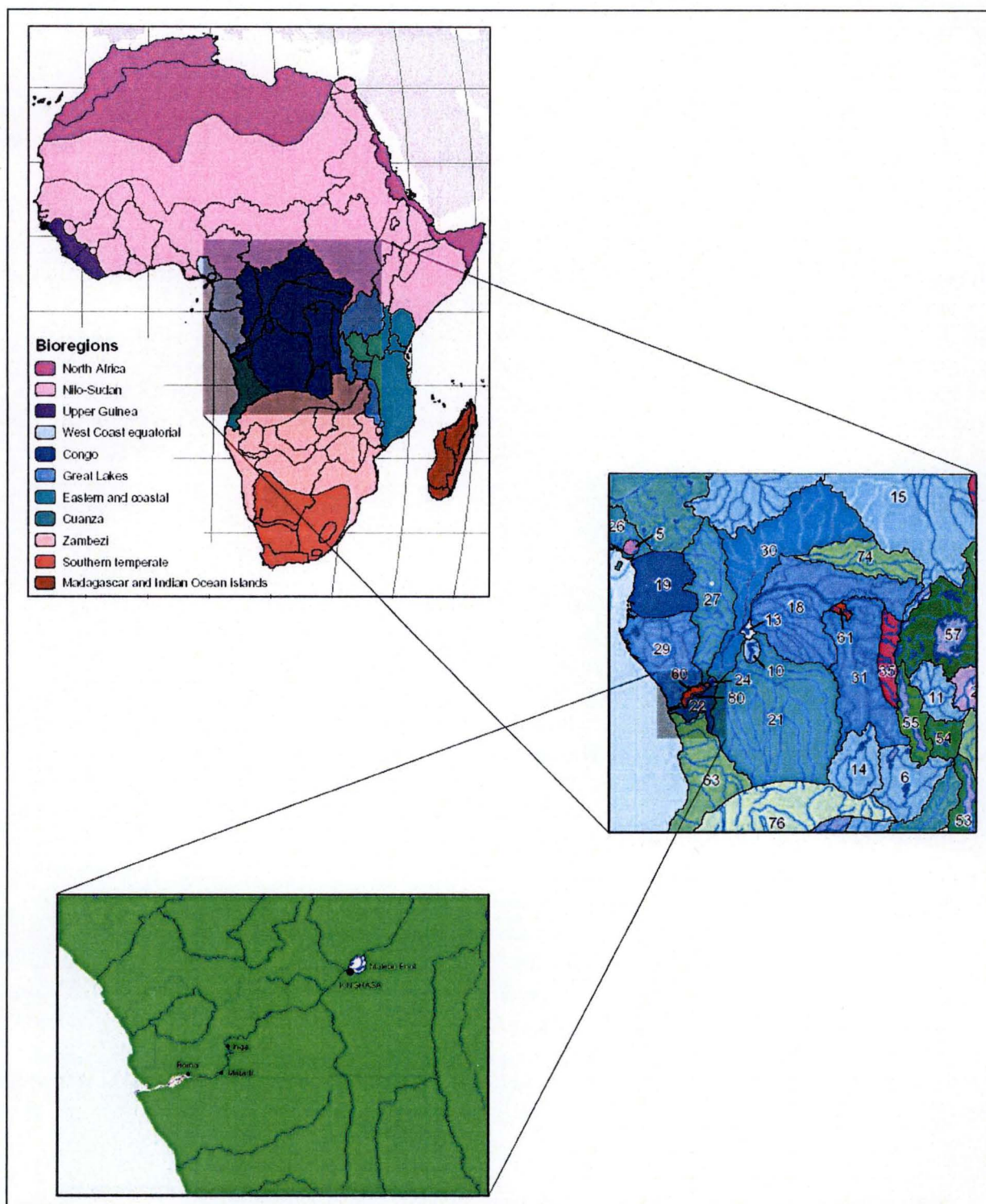


Figure 5 : situation géographique du Pool Malebo sur base des bio/écorégions du Pool Malebo d'après Thieme et al., en préparation (Hansens et Snoeks, 2004).

3. Diversité ichthyologique de l'Afrique, du Congo, du Pool Malebo

La faune continentale aquatique montre une endémicité et une grande variabilité génétique entre les espèces à large répartition géographique mais occupant des systèmes isolés depuis des périodes plus ou moins longues. Cette faune aquatique présente une quantité de vertébrés hors de proportion avec la superficie occupée par ces eaux (0.01 % des eaux planétaires pour une superficie de 1 à 2 % des terres émergées) (Levêque & Paugy, 1999).

L'histoire ichthyologique du Bassin Zaïrois débute avec le Belge G.A. Boulenger (1887) et le Français J. Pellegrin (1900). Leurs travaux respectifs sont les seuls auxquels les naturalistes de l'époque peuvent se référer. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que le Belge Poll explore cette région (Teugels & Guégan, 1994).

Dans le monde, un peu moins de 29.000 espèces de poissons sont répertoriées. Dix mille cinq cents espèces de poissons et un tiers des vertébrés se retrouvent dans l'hydrosystème aquatique mondial ou en sont dépendants (pour leur cycle biologique). L'Afrique à elle seule compte 3197 espèces de poissons (FAO, 2005).

Trente des 83 familles présentes sur le continent africain appartiennent aux poissons primaires, ce qui équivaut à 55 % des espèces recensées. Parmi ces 30 familles, 16 sont endémiques. Trente-huit pourcents appartiennent aux familles de poissons secondaires. Les Cichlidae seraient riches de 900 espèces pour 143 genres, les 12 % restants appartenant aux 50 familles des poissons périphériques.

Au niveau de l'Afrique Centrale, 26 familles comprenant 696 espèces appartiennent aux poissons d'eaux douces primaires, dont les plus représentés sont les Cyprinidae, les Mormyridae et les Cichlidae (Teugels et Guégan, 1994).

En 1971, Max Poll divise le continent Africain en 52 bassins hydrographiques. Les plus remarquables sont ceux du Tchad avec 13 espèces de *Synodontis*, le bassin du Niger avec 21 espèces dont 7 endémiques, le bassin du Nil avec 16 espèces de ce genre dont 5 endémiques et enfin le bassin du Congo avec 35 espèces dont 32 endémiques.

La carte des écorégions d'eau douce pour l'Afrique montre 17 écorégions pour l'ensemble du bassin du Congo (Figure 5). Une liste contenant un total de 958 espèces de poissons dont 68 espèces marines a été établie. On retrouve donc 890 espèces d'eau douce ce qui est largement supérieur au nombre de 686 espèces annoncé par Teugels et Guégan en 1994 (Hanssens et Snoeks, 2004).

Ceci fait du Bassin du Congo le bassin le plus riche en diversité spécifique de toute l'Afrique. Ce bassin possède un endémisme remarquable avec 676 espèces endémiques, plus ou moins 78 % de la faune d'eau douce totale. La révision de Hanssens et Snoeks ramène la proportion des Siluriformes à 22.9 % du total des espèces présentes dans le bassin du Congo. Cet ordre est suivi par l'ordre des Perciformes (19 %), des Osteoglossiformes (12 %), des Cypriniformes (17.6%), des Characiformes (12.2 %), des Cyprinodontiformes (5.3 %), des Symbranchiformes (2.2%), des Polypteriformes (1.3%) et des Lepidosireniformes (0.01%) (Figure 6).

La classification par famille de la figure 7 montre que les Cyprinidae sont les plus diversifiés avec 111 espèces à égalité avec celle des Mormyridae comptant 110 espèces. Ces deux familles sont directement suivies par celle des Cichlidae (13.1%), les Mochokidae (8.7 %), à égalité les Characidae (7.0 %), Distichodontidae (6.8%) et Cyprinodontidae (6.6 %). Viennent

nd connues
ous les genres
ption du bassin
espèces dont 32
valables, dont les

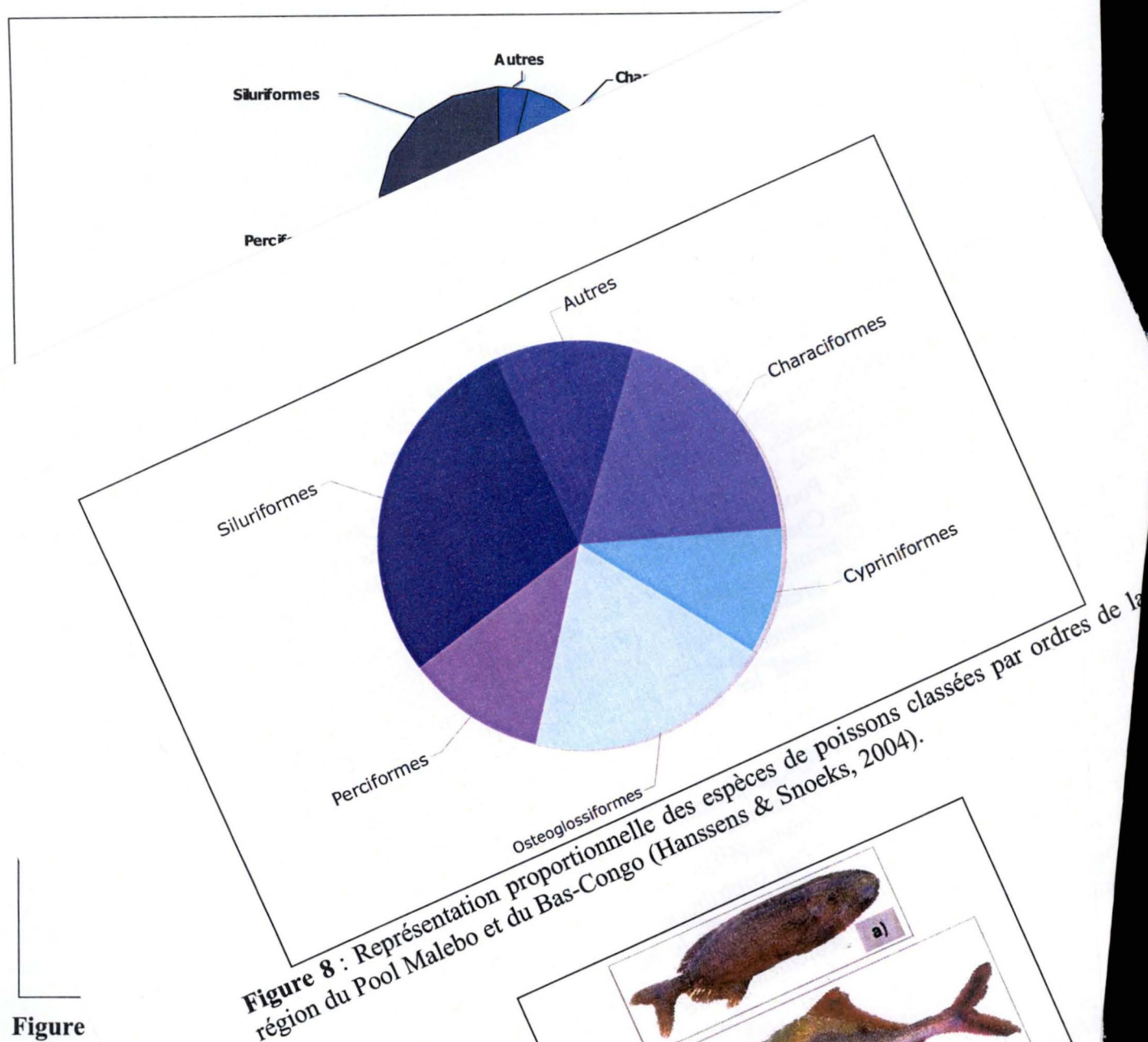


Figure zone du t (Teugels e.



Figure 9 : Exemples d'es

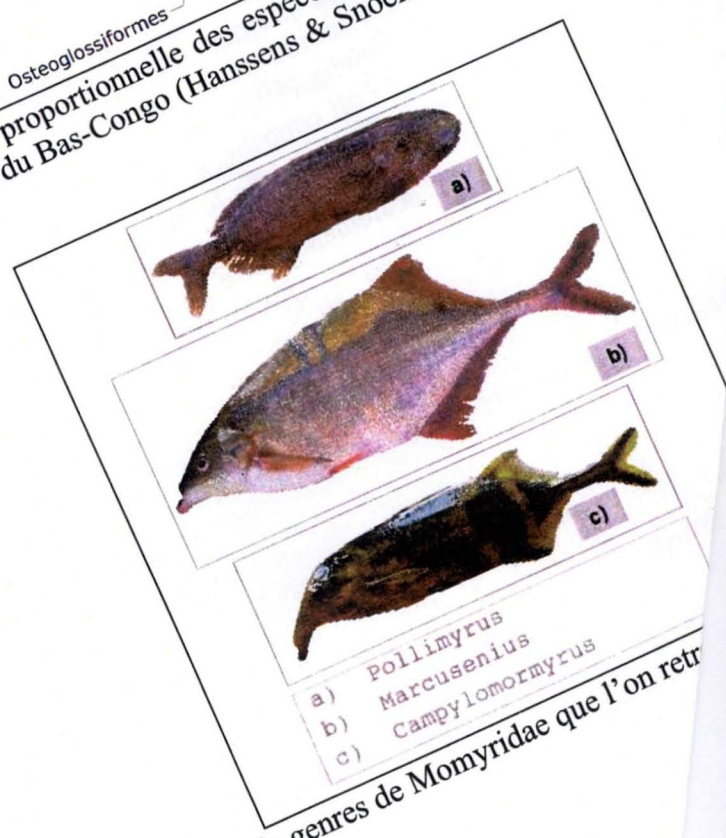


Figure 10 : Exemple de genres de Momyridae que l'on retr

3. Diversité ichthyologique de l'Afrique, du Congo, du Pool Malebo

La faune continentale aquatique montre une endémicité et une grande variabilité génétique entre les espèces à large répartition géographique mais occupant des systèmes isolés depuis des périodes plus ou moins longues. Cette faune aquatique présente une quantité de vertébrés hors de proportion avec la superficie occupée par ces eaux (0.01 % des eaux planétaires pour une superficie de 1 à 2 % des terres émergées) (Levêque & Paugy, 1999).

L'histoire ichthyologique du Bassin Zaïrois débute avec le Belge G.A. Boulenger (1887) et le Français J. Pellegrin (1900). Leurs travaux respectifs sont les seuls auxquels les naturalistes de l'époque peuvent se référer. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que le Belge Poll explore cette région (Teugels & Guégan, 1994).

Dans le monde, un peu moins de 29.000 espèces de poissons sont répertoriées. Dix mille cinq cents espèces de poissons et un tiers des vertébrés se retrouvent dans l'hydrosystème aquatique mondial ou en sont dépendants (pour leur cycle biologique). L'Afrique à elle seule compte 3197 espèces de poissons (FAO, 2005).

Trente des 83 familles présentes sur le continent africain appartiennent aux poissons primaires, ce qui équivaut à 55 % des espèces recensées. Parmi ces 30 familles, 16 sont endémiques. Trente-huit pourcents appartiennent aux familles de poissons secondaires. Les Cichlidae seraient riches de 900 espèces pour 143 genres, les 12 % restants appartenant aux 50 familles des poissons périphériques.

Au niveau de l'Afrique Centrale, 26 familles comprenant 696 espèces appartiennent aux poissons d'eaux douces primaires, dont les plus représentés sont les Cyprinidae, les Mormyridae et les Cichlidae (Teugels et Guégan, 1994).

En 1971, Max Poll divise le continent Africain en 52 bassins hydrographiques. Les plus remarquables sont ceux du Tchad avec 13 espèces de *Synodontis*, le bassin du Niger avec 21 espèces dont 7 endémiques, le bassin du Nil avec 16 espèces de ce genre dont 5 endémiques et enfin le bassin du Congo avec 35 espèces dont 32 endémiques.

La carte des écorégions d'eau douce pour l'Afrique montre 17 écorégions pour l'ensemble du bassin du Congo (Figure 5). Une liste contenant un total de 958 espèces de poissons dont 68 espèces marines a été établie. On retrouve donc 890 espèces d'eau douce ce qui est largement supérieur au nombre de 686 espèces annoncé par Teugels et Guégan en 1994 (Hanssens et Snoeks, 2004).

Ceci fait du Bassin du Congo le bassin le plus riche en diversité spécifique de toute l'Afrique. Ce bassin possède un endémisme remarquable avec 676 espèces endémiques, plus ou moins 78 % de la faune d'eau douce totale. La révision de Hanssens et Snoeks ramène la proportion des Siluriformes à 22.9 % du total des espèces présentes dans le bassin du Congo. Cet ordre est suivi par l'ordre des Perciformes (19 %), des Osteoglossiformes (12 %), des Cypriniformes (17.6%), des Characiformes (12.2 %), des Cyprinodontiformes (5.3 %), des Symbranchiformes (2,2%), des Polypteriformes (1,3%) et des Lepidosireniformes (0,01%) (Figure 6).

La classification par famille de la figure 7 montre que les Cyprinidae sont les plus diversifiés avec 111 espèces à égalité avec celle des Mormyridae comptant 110 espèces. Ces deux familles sont directement suivies par celle des Cichlidae (13,1%), les Mochokidae (8,7 %), à égalité les Characidae (7,0 %), Distichodontidae (6,8%) et Cyprinodontidae (6,6 %). Viennent

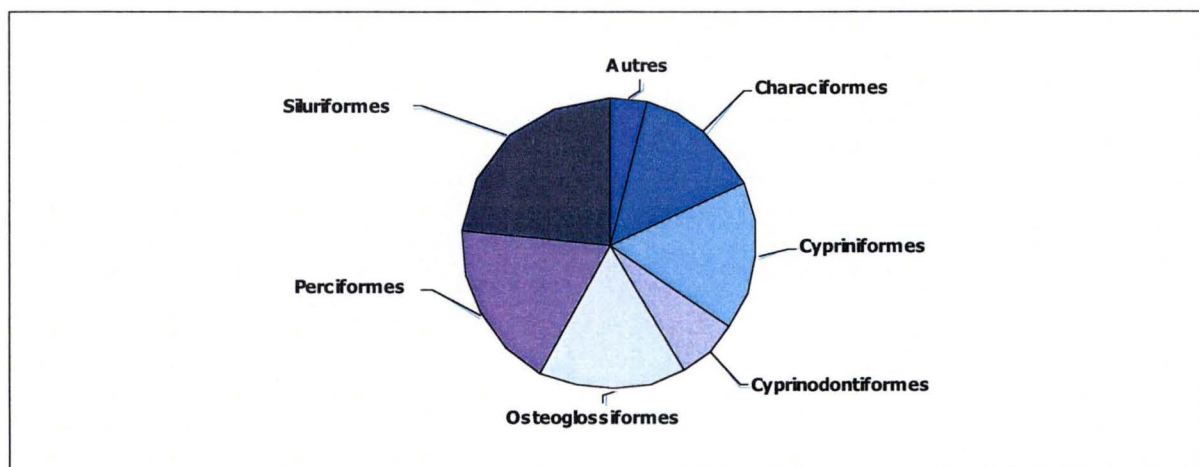


Figure 6 : représentation proportionnelle des espèces de poissons classés par ordres de la zone du Bassin du Congo d'après les données du CLOFFA (Daget et al., 1984, 1986a, 1991), (Teugels et Guégan, 1994).

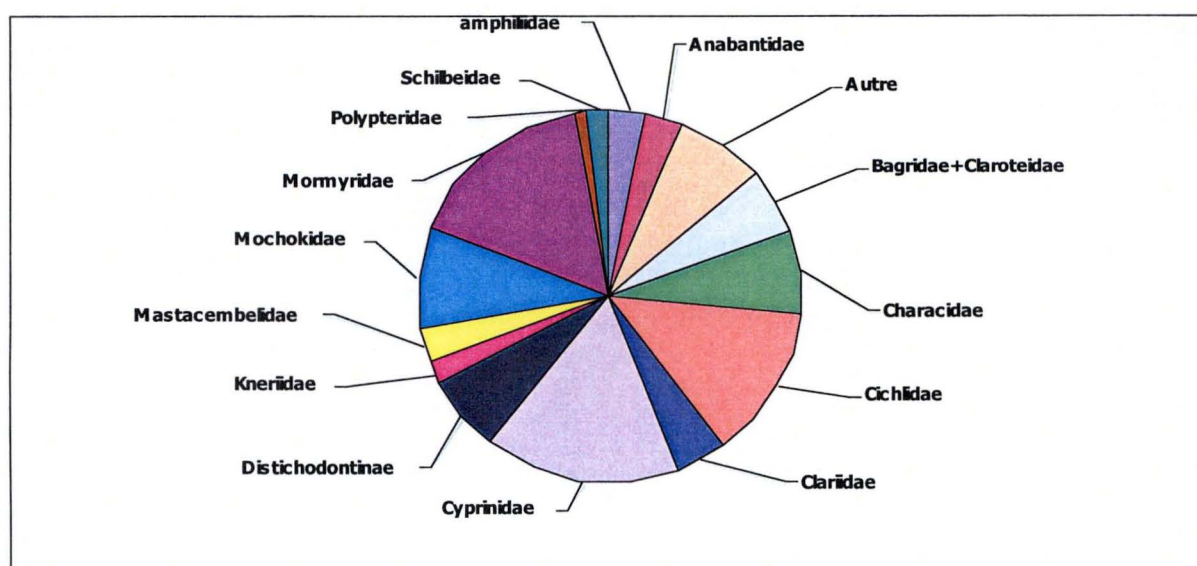


Figure 7 : Représentation proportionnelle des espèces de poissons classées par familles de la zone du bassin du Congo, d'après les données du CLOFFA (Daget et al., 1984, 1986a, 1991), (Teugels et Guégan, 1994).

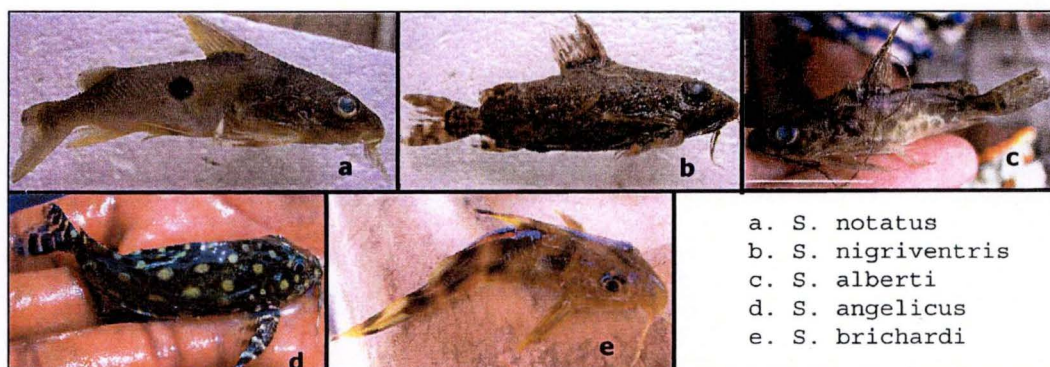


Figure 9 : Exemples d'espèces endémiques au Bassin du Congo du genre *Synodontis*.

ensuite les Bagridae avec les Claroteidae (5,7 %), les Clariidae (4,4%), les Amphilidae (3,0%), les Anabantidae (2,6 %), les Kneriidae (1,9 %), les Schilbeidae (1,6 %) et les Polypteridae (1,3 %) (Teugels et Guégan, 1994).

Généralement, on regroupe la faune ichthyologique du Bas-Congo avec celle du Pool Malebo. Ce dernier présente une diversité importante avec ces 270 espèces alors que l'écorégion du Bas-Congo possède 294 espèces (dont 64 marines), le Kasai 203 et le Moyen-Congo 200 espèces (Hansens et Snoeks, 2004).

Au niveau des ordres, ce sont les Siluriformes qui prédominent représentant 28.6 % de l'ichtyofaune totale du Pool Malebo. Ils sont suivis par les Osteoglossiformes (19.8 %) presque à égalité avec les Characiformes (19.4 %), les Perciformes ne représentant que 11.1% de l'ichtyofaune et les Cypriniformes (9.9 %) (Figure 8). Un peu moins de trente familles de poisson d'eau douce sont présentes dans l'écorégion du Pool Malebo. La famille des Mormyridae est la plus représentée avec 12 genres différents. La famille des Cyprinidae rassemble 8 genres différents dont les *Labeo* qui regroupent la majorité des espèces de Cyprinidae.

En ce qui concerne le bassin du Congo proprement dit, les travaux taxonomiques sont moins favorables. On note, pour la première moitié du 20 siècle, les contributions de Boulenger (1901), Nichols et Griscam, (1917), Fowler (1936) et Poll (1938). Après la seconde guerre mondiale, Bailey, De Kimpe, Gosse et Poll contribuent à compléter des inventaires. On dispose actuellement de nombreuses collections sur le bassin du Congo, d'où la nécessité d'actualiser l'information disponible (Teugels et Guégan, 1994). Actuellement, les études sur les poissons du fleuve commencent seulement à être revues, telles que les études sur les *Labeo* (Tshibwabwa, 1997), les *Labeo lineatus* (Pwema Victor), *Distichodus fasciolatus* (Mbadu Victorinne),...

3.1. Caractères généraux des principaux ordres et familles de poissons

3.1.1. Les Siluriformes

Pour l'ensemble du bassin du Congo, les Cyprinidae, les Mormyridae et les Cichlidae prédominent. Les espèces de Mochokidae, appartenant à l'ordre des Siluriformes, y sont également largement représentées (8,7 %).

Parmi les familles du Pool Malebo, on retrouve les Bagridae, les Schilbeidae, les Amphilidae, les Clariidae, les Malapteruridae, les Mochokidae et les Ariidae.

Le genre *Synodontis* est polyspécifique et mérite d'être considéré comme un genre remarquable en Afrique intertropicale. Il y en existe actuellement 108 espèces reconnues (Poll, 1971). Avec ces 108 espèces, le genre *Synodontis* constitue le plus grand genre de poissons ostariophysaires africains après le genre *Barbus* et le plus fourni de tous les genres de Silures africains. Le bassin du Congo proprement dit, c'est à dire à l'exception du bassin du Congo au niveau de Luapula, du Tanganika et du Malagarasi, compte 35 espèces dont 32 sont endémiques, soit presque le tiers de toutes les espèces africaines valables, dont les

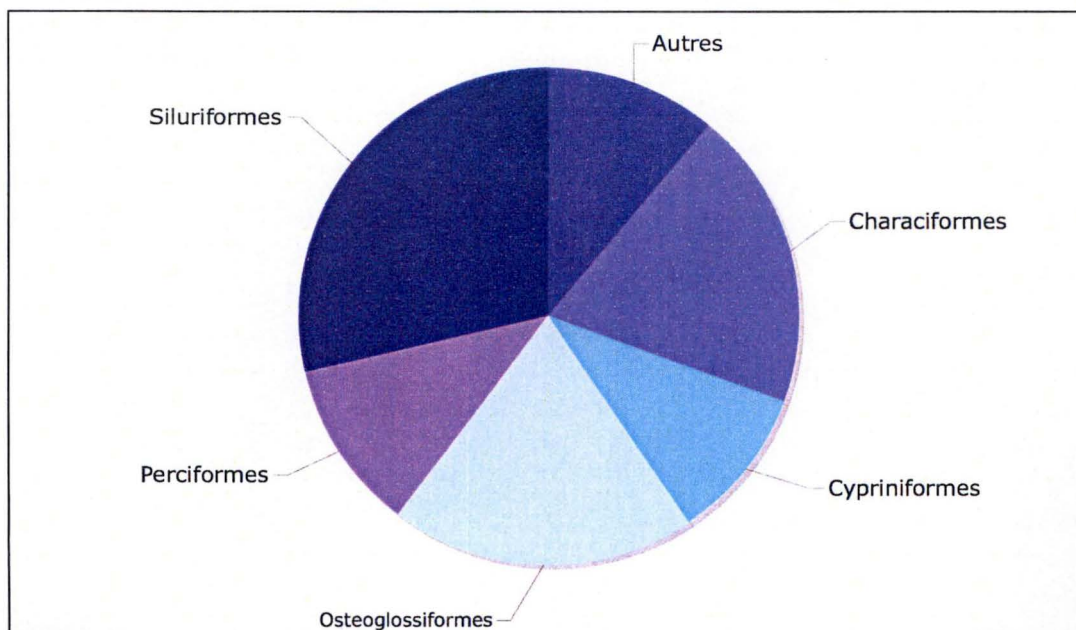


Figure 8 : Représentation proportionnelle des espèces de poissons classées par ordres de la région du Pool Malebo et du Bas-Congo (Hanssens & Snoeks, 2004).

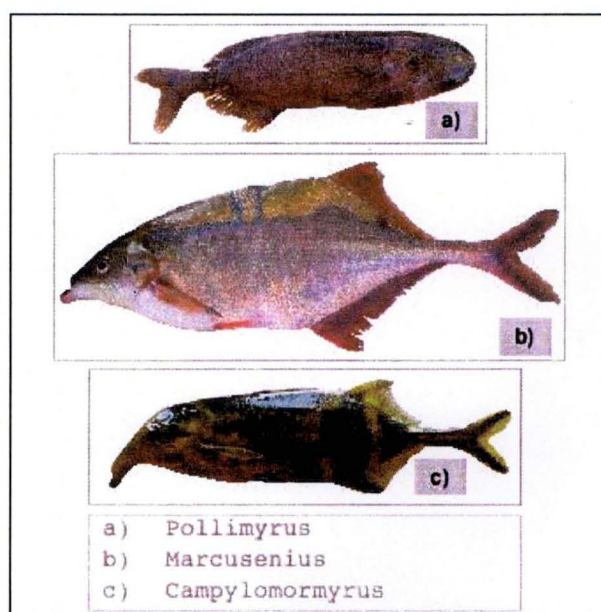


Figure 10 : Exemple de genres de Momyridae que l'on retrouve dans le Pool Malebo

espèces *S. greshoffi*, *S. angelicus*, *S. alberti*, *S. notatus*, *S. schoutedoni*, *S. brichardi*,... (Figure 9)

Le bassin du Niger réunit à lui seul 7 espèces endémiques de *Synodontis* et pourtant il se trouve en deuxième position. L'endémisme exclusif de ce genre est en relation avec un sédentarisme chronique qui affecte tous les membres de cette famille de poissons (Mochokidae). Ce sont des poissons benthiques qui sont le plus souvent collés à un substrat. Ainsi, lorsqu'une espèce se rencontre dans deux bassins différents, cela signifie que ces bassins ont conflué hydrographiquement à une époque géologique récente.

Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que la plupart des espèces de *Synodontis* proviennent de nombreuses localités différentes et il est rare de retrouver des espèces ubiquistes qui se rencontrent partout dans le bassin du Congo (Poll, 1967).

Deux espèces seulement se retrouvent partout dans le bassin, il s'agit de *S. pleurops*, et de *S. greshoffi*. Quant à *S. brichardi*, c'est une espèce endémique à la région du Pool Malebo avec *S. caudalis*, *S. depauwi* et *S. pulcher*.

Ce genre représente bien les modifications géologiques et hydrographiques très anciennes qui ont eu lieu sur le continent africain.

3.1.2. Les Characiformes

Paugy (1986), sur base des Characidae, sectionne le continent africain en 52 bassins principaux et délimite deux grandes régions biogéographiques. La première est l'Afrique nord orientale comprenant le bassin du Cameroun et du Gabon, le deuxième est constitué de l'Afrique centrale australe et occidentale.

Il effectue une analyse plus détaillée sur base des différentes espèces d'*Alestes*. Il définit ainsi 6 régions biogéographiques dont la région congolaise abritant 14 espèces du genre *Alestes*. Ceci fait du bassin du Congo, le bassin le plus diversifié au niveau de ce genre.

3.1.3. Les Osteoglossiformes

La diversité des poissons d'eau douce est une des plus importantes en Afrique Centrale. Les Osteoglossiformes, ordre remarquable par sa famille des Mormyridae (Figure 10) en fait un exemple d'endémisme et de richesse spécifique. Les Mormyridae représentent 11,3 % des familles présentes dans la Basse Guinée et 16,2 % dans la région du Congo (Teugels & Guégan, 1994).

On note également la présence d'*Heterotis niloticus* au sein de cet ordre qui se retrouve dans tout le bassin du Congo. Cette espèce a été introduite dans les années '50 en provenance du Cameroun. Les populations locales le surnomment d'ailleurs « le nouveau poisson du fleuve ».

3.1.4. Les Perciformes

Les Perciformes sont essentiellement représentés par les Cichlidae et les Anabantidae, mais on note la présence d'une espèce de Channidae et d'Eleotridae.

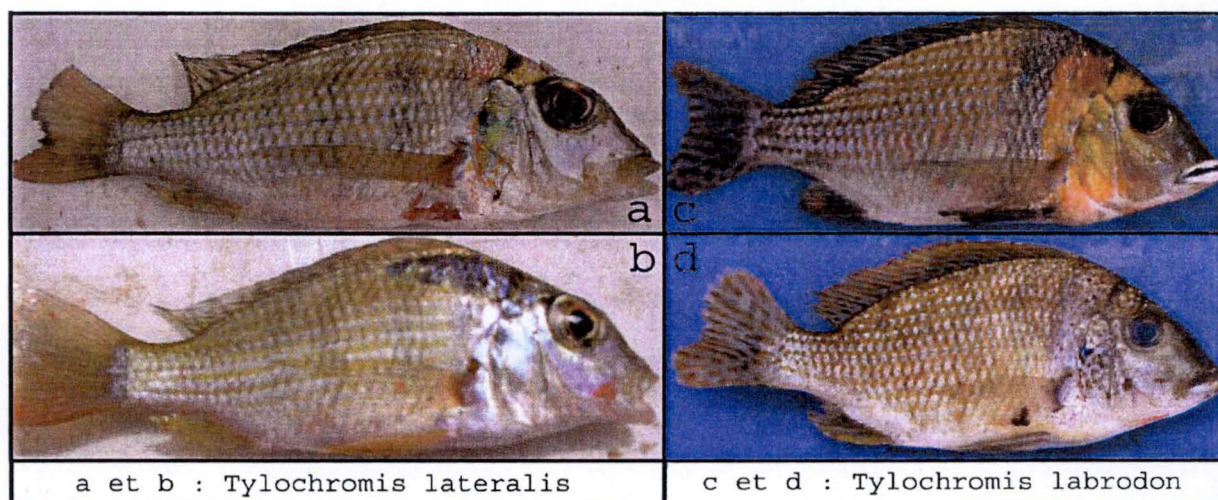


Figure 11 : Exemple de patron de coloration chez les deux espèces de *Tylochromis* du Pool Malebo.

Actuellement il n'existe pas d'études approfondies concernant les Anabantidae. Par contre, les Cichlidae commencent à être relativement bien connus. Dans le bassin du Congo, ils sont représentés par 89 espèces (Teugels & Guégan, 1994). Ils montrent une richesse de patrons de coloration, ce qui fait de cette famille une des plus difficiles à déterminer (Figure 11). En ce qui concerne la région du Pool, la systématique reste toujours confuse pour bon nombre d'espèces.

Sur base de sa révision systématique des *Tilapias*, Thys van den Audenaerde (1964) délimite 19 régions ichtyogéographiques au Congo. Il accole la région du Pool Malebo aux cataractes du Bas-Congo comprenant les rapides en aval de Kinshasa et en amont de Matadi. On ne retrouve qu'une espèce de *Tilapia* au niveau du Pool Malebo (avec 2 sous-espèces, *T. tholloni tholloni*, *T. tholloni congica*). Les espèces retrouvées au niveau des cataractes seraient identiques à celles retrouvées au niveau du Pool, ce qui confirmerait que le pool posséderait une ichtyofaune en partie différente de celle de la vraie Cuvette Centrale (région des lacs Tumba et Léopold II).

4. Notion de diversité

4.1. Concept et définition

« La diversité biologique est la variabilité des organismes vivants de toutes origines, y compris les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; ceci inclut la diversité parmi les espèces, entre les espèces et les écosystèmes » (CBD, 1992).

Cette définition suggère que la diversité n'est pas seulement une liste de tous les organismes et de toutes les espèces mais aussi la variation qui existe parmi eux (Zeide, 1997).

En théorie, plus il y a de variations, plus un système est valable en terme de conservation (biodiversité).

La biodiversité actuelle est le fruit de quelques milliards d'années d'évolution, formée par des processus naturels et l'interaction avec l'homme (Roy, 2003). L'environnement naturel fournit les bases essentielles sans lesquelles l'humanité ne pourrait survivre.

De manière générale, la notion de diversité recouvre deux éléments. Tout d'abord, la richesse spécifique qui correspond au nombre de catégories d'éléments, le nombre d'espèces dans un écosystème. Le second élément est la régularité, c'est à dire la façon avec laquelle le nombre total des individus se répartit dans les catégories identifiées (Mac Nally, 2004).

4.2. Diversité à différents niveaux

La diversité existe à des niveaux de complexité croissante. On parle de la diversité génétique, la diversité spécifique, la diversité au niveau des écosystèmes et la diversité des paysages.

La diversité génétique est définie comme la variabilité de la composition génétique des individus au sein des espèces et des populations ou entre ces dernières. La diversité spécifique

concerne le nombre et la variété des espèces dans une zone donnée. La diversité des écosystèmes correspond à la diversité structurale et fonctionnelle des écosystèmes dans une région. Quand à la diversité des paysages, elle est le résultat de la mosaïque créée par les écosystèmes en interactions.

4.3. Notions d'espèce et de genre

Une espèce est définie comme étant une ensemble d'individus identiques entre eux et à un spécimen type c'est à dire l'étalon, la référence. Pour Cuvier (1978), l'espèce est une collection de tous les corps organisés, nés les uns des autres ou de parents communs et de tous ceux qui leurs ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux.

Meyr (1942) pose qu'une espèce est un groupe de population dont les membres peuvent se croiser entre eux et qui sont reproductivement isolés des autres groupes.

La notion de genre, quant à elle, rend compte d'une catégorie comprenant au moins une espèce dans un groupe monophylétique d'espèces. Dubois (1988) caractérise le genre comme une unité évolutive discontinue qui pourra être définie par un ensemble de caractères génétiques, phylogénétiques et écologiques.

4.4. Richesse spécifique

La richesse spécifique concerne le nombre d'espèces dans une région et les relations mutuelles entre espèces.

Il existe une relation positive entre la richesse spécifique et la complexité du milieu. Les milieux avec une plus grande gamme d'habitats sont susceptibles d'abriter un plus grand nombre d'espèces. Cette diversité structurale permet un meilleur partage des ressources pour les espèces compétitrices et un plus grand choix de zones refuges aux espèces proies.

On retrouve une richesse spécifique beaucoup plus grande sous les tropiques. Cela a été possible grâce à une évolution dans un environnement plus stable (pas de glaciation) permettant ainsi une plus grande pérennité des systèmes aquatiques. On retrouve dans ces régions une dominance des espèces de petite taille au contraire des régions tempérées où les espèces de grande taille dominant (Levêque & Paugy, 1999).

4.5. Les indices de diversité

Il faut savoir que tous les indices développés ont été élaborés dans un but précis et donc qu'il n'existe pas un indice idéal, la diversité ne peut se résumer à un simple et unique chiffre (Hector, 2000). Il est néanmoins utile de calculer les indices de diversité en tant que mesures de diversité récapitulative (Allison & al., 2000). La comparaison des méthodes d'échantillonnage semblables ainsi que des groupes taxonomiques identiques est également importante.

4.5.1. L'indice de Shannon

Cet indice permet de mesurer la diversité spécifique. Il est basé sur la théorie de l'information et il fournit une estimation de la répartition de chaque population au sein de la communauté. Plus les valeurs sont importantes, plus les populations seront représentées de manière identique. Cet indice dépendant de la richesse en espèces, les espèces rares auront plus de poids que les espèces communes.

L'indice de Shannon sera minimal si tous les individus du peuplement appartiennent à la même espèce. Il sera maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale pour toutes les espèces.

4.5.2. L'indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces rares qu'aux espèces abondantes. Il prendra une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité (Da Costa, 2004).

4.5.3. L'indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité définit la régularité, c'est à dire la façon avec laquelle le nombre total des individus se répartit dans les catégories identifiées. Il s'agit donc de la répartition du nombre N_i des individus observés dans les espèces.

4.6. Facteurs déterminant la diversité (biotique) spécifique

On pourrait définir comme premiers facteurs affectant la diversité des poissons, l'histoire climatique et les événements climatologiques. La composition qualitative résulte d'événements historiques qui ont permis la dispersion des espèces et la colonisation des bassins versants et ont conduit à l'extinction de ces espèces présentes dans ces mêmes bassins. La succession des événements climatiques et l'existence de nombreuses zones refuges ont façonné les différentes provinces ichtyologiques reconnues en Afrique. Ces barrières infranchissables sont donc à l'origine de longues périodes d'isolement du milieu que les espèces colonisent (Levêque & Paugy, 1999). Par exemple, 47 espèces de *Synodontis* sont recensées dans le bassin du Congo (Poll, 1967/1971). Contrairement au bassin du Nil et au bassin du Niger qui n'en compte que 5 et 7 respectivement. Les espèces de petite taille montrent un taux de génération plus court et donc un taux de spéciation plus élevé.

De plus, le phénomène de spéciation dépend de la durée de l'isolement hydrographique et du potentiel évolutif des espèces. Le pourcentage de chance des espèces à coloniser des zones considérées ainsi que les capacités à se disperser et à résister aux conditions de

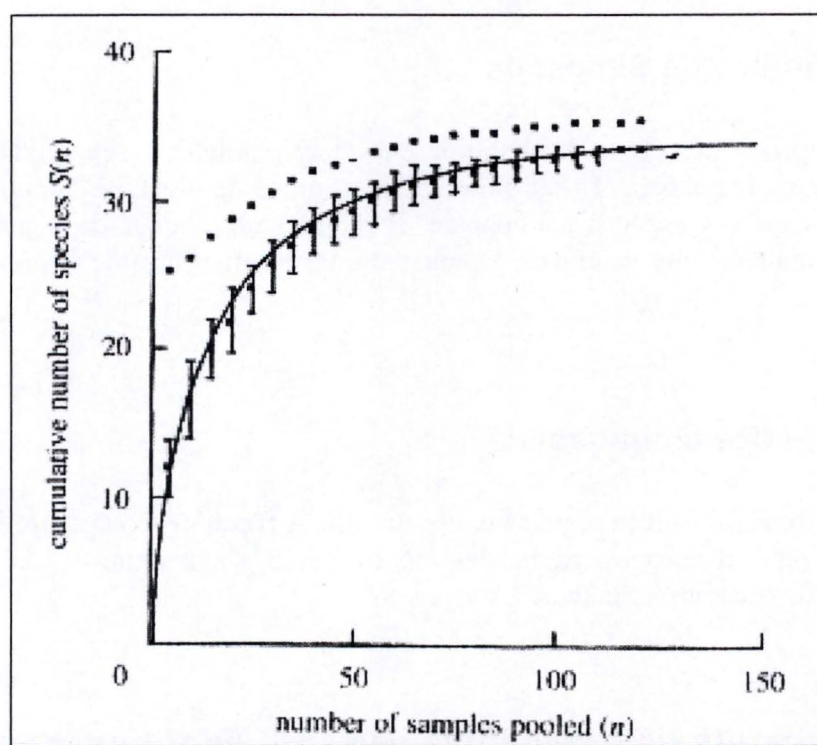


Figure 12 : exemple de courbe cumulative des espèces (Colwell & Coddington, 1994).

l'environnement permettent une distribution géographique de celles-ci. On pourrait dire que la diversité biotique d'un peuplement résulterait d'un équilibre dynamique entre des phénomènes de dispersion et de colonisation d'une part et d'extinction d'autre part.

Un autre agent caractérisant la diversité est la taille du bassin versant. En 1989, Hugué met en place un modèle théorique permettant de calculer la richesse spécifique de celui-ci.

$$Ln(RS) = [Ln(Q) \times 0.245 + Ln(S^2) \times 0.135 + 1.504]$$

Équation 1 : Formule de la richesse spécifique de Hugué de 1989 (Teugeuls et Guégan, 1994).

RS = richesse spécifique, Q = débit du bassin considéré, S² = superficie du bassin.

Dans le cas du bassin du Congo, le nombre d'espèces prédites est de 462 alors que le nombre d'espèces recensées actuellement est de 686 (Hansens & Snoeks, 2004).

La diversité dépend également du milieu. Comme déjà mentionné, il existe une relation positive entre la diversité spécifique et la complexité du milieu. Les milieux avec une plus grande gamme d'habitats sont susceptibles d'héberger un plus grand nombre d'espèces. De plus les interactions sont diminuées du fait d'une diversité structurale importante permettant un meilleur partage des ressources entre les espèces compétitrices et offrant des zones refuges pour les espèces proies.

Enfin, la qualité de l'habitat aurait une importance capitale. Lorsqu'un organisme disparaît parce que le milieu a dépassé ses limites de tolérance, l'habitat peut être recolonisé par les individus des zones adjacentes du même bassin versant.

5. Évaluation de la diversité ichthyologique

La richesse spécifique est une mesure fondamentale de la diversité régionale et des communautés (Persat, 1994). Les écologistes se rendent compte actuellement de l'effet de l'abondance et de l'effort d'échantillonnage sur les mesures de la richesse.

Pour éviter ces biais, l'utilisation de la courbe cumulée des espèces basée sur l'échantillonnage est utilisée depuis quelques années (Soberon & Llorente, 1993, Colwell & Coddington, 1994, Allison, 2000 et Moreno & Halffter, 2000). En réalité, l'évaluation est basée sur des échantillons aléatoires de la population et donc le nombre d'espèces dépend de l'effort d'échantillonnage. Plotter les espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage produit une courbe d'accumulation des espèces comme montré en figure 12 (Kempton, 2002) Cette courbe permet d'estimer la richesse spécifique d'une communauté. Elle est essentiellement utilisée par les botanistes et pour la biodiversité des macroinvertébrés mais peut être appliquée aux poissons (Allison, 2000) et aux reptiles (Thompson, 2003). La richesse spécifique est une quantité difficile à mesurer correctement à cause du biais engendré par les méthodes d'échantillonnage et des conditions de collection et effectuer un recensement complet des espèces est rarement réalisable. L'avantage majeur de cette méthode est qu'elle permet de ne pas tenir compte du nombre d'individus collectés ni de la différence du nombre d'individus comptés pouvant refléter le pattern de ressources disponibles et les conditions de croissance (Gotelli et Colwell, 2001).

Globalement, la technique consiste en un ré-échantillonnage aléatoire et répété des espèces. Etant dépendante de la taille des échantillons, cette courbe ne peut être calculée théoriquement mais doit être simulée par ordinateur. Le logiciel freeware EstimateS établit cette courbe en effectuant plusieurs simulations de Monte Carlo de manière aléatoire et répétée.

No.	Trait	No.	Modality
1	Female size	1	≤ 5 mm
		2	$> 5-10$ mm
		3	$> 10-15$ mm
		4	$> 15-20$ mm
		5	$> 20-25$ mm
		6	$> 25-30$ mm
		7	> 30 mm
2	Egg length	1	≤ 0.2 mm
		2	$> 0.2-0.3$ mm
		3	$> 0.3-0.4$ mm
		4	$> 0.4-0.5$ mm
		5	$> 0.5-1.0$ mm
		6	> 1.0 mm
3	Egg number	1	≤ 100
		2	$> 100-300$
		3	$> 300-500$
		4	$> 500-1500$
		5	$> 1500-3000$
		6	> 3000
4	Generations per year	1	≤ 1
		2	2
		3	> 2
5	Oviposition period	1	≤ 2 months
		2	$> 2-5$ months
		3	> 5 months
6	Incubation time	1	≤ 4 weeks
		2	$> 4-12$ weeks
		3	> 12 weeks
7	Egg shape	1	Spherical (length/width ratio ≈ 1)
		2	Oval (length/width ratio > 1 and < 3)
		3	Cylindrical (length/width ratio ≥ 3)
8	Egg attachment	1	No attachment mechanisms
		2	Attachment structures on egg
		3	Adhesive gelatinous matrix or cement
		4	Cocoon or woven silk

Figure 13 ; Exemple de traits biologiques liés à la reproduction (Gayraud et al, 2003).

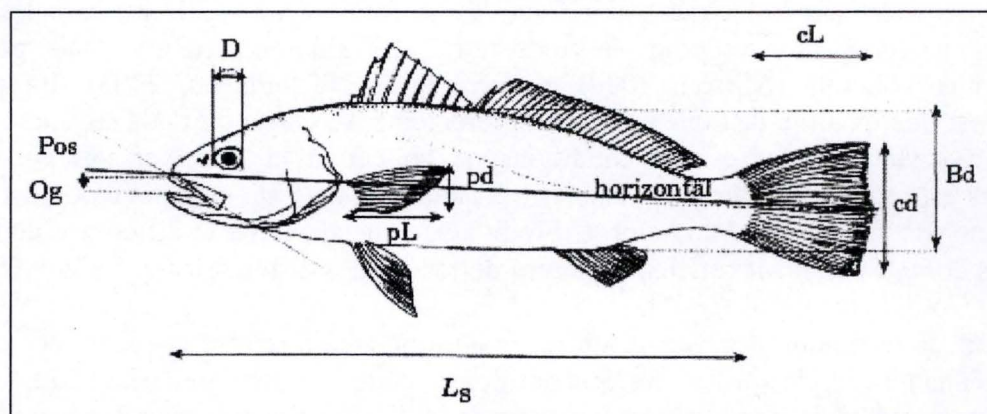


Figure 14 : Exemple des mesures morphométriques prises sur les poissons des lagunes pour l'études des traits fonctionnels (Dumay & al, 2004).

6. Traits biologiques des poissons ou diversité fonctionnelle ichthyologique

La diversité constitue un thème central en écologie mais la diversité spécifique en reste la principale mesure alors que la diversité fonctionnelle a été sous-estimée et a reçu moins d'attention. Actuellement, on remarque que la plupart des évaluations sur la biodiversité sont encore basées sur la richesse spécifique. Cela peut être expliqué d'une part par le manque d'informations concernant la distribution d'abondance des espèces ainsi que leur biologie et leur écologie et d'autre part par la facilité d'interprétation des inventaires des espèces. Les simulations permettent d'observer que l'échantillonnage est plus précis pour la diversité fonctionnelle que pour la diversité spécifique. La diversité fonctionnelle peut être une mesure plus solide pour décrire les communautés avec un petit échantillonnage (Goffaux, 2005).

6.1. Notion de diversité fonctionnelle

Les traits biologiques caractérisent les communautés, expriment la diversité fonctionnelle d'un écosystème et reflètent les adaptations des espèces aux caractéristiques environnementales. Les connaissances biologiques des individus pouvant être formalisées, chaque variable est appelée trait biologique.

Il y a quelques années, l'utilisation de guildes a été proposée comme une alternative à l'analyse de la classification, la taxinomie traditionnelle, permettant une meilleure compréhension de la structure et du fonctionnement des communautés. L'avantage des traits biologiques est qu'ils sont transposables entre différents milieux et qu'ils ne nécessitent pas un effort d'échantillonnage trop important. Par contre les méthodes actuelles pour quantifier la diversité fonctionnelle sont peu développées. En Europe, la majorité des poissons font partie de la famille des Cyprinidae et présentent les mêmes traits biologiques. C'est pourquoi il est intéressant d'essayer d'évaluer ce type de diversité en Afrique où celle-ci est beaucoup plus importante qu'en Europe (Goffaux, 2005).

L'approche fonctionnelle se base sur les méthodes taxinomiques traditionnelles combinées à des informations biologiques telles que la forme du corps du poisson, ses différentes métriques, son type de reproduction, d'alimentation,...

La diversité spécifique reste donc utile et importante puisque, premièrement, le nombre d'espèces d'une communauté est la mesure de la probabilité de présence d'espèces avec des traits particuliers et, deuxièmement, une plus grande diversité permet une plus grande représentation des traits de l'écosystème assurant une meilleure utilisation des ressources.

6.2. Diversité spécifique ou diversité fonctionnelle

La diversité fonctionnelle donne lieu à des groupes fonctionnels. Comment une ressource ou une composante écologique est-elle utilisée pour fournir un service spécifique ? Cela dépend de la question que l'on se pose.

Les groupes d'espèces qui partagent des ressources similaires sont communs car une organisation trophique complexe est plus stable qu'une organisation trop simple.

L'espacement des niches provient de la divergence morphologique entre les espèces exploitant les mêmes ressources.

Il est important à ce stade de distinguer groupe fonctionnel et guildes. La guildes est définie comme la similarité de partage des ressources sans tenir compte des processus écologiques impliqués dans le partage de celles-ci. Les guildes sont en fait un partage par des espèces de ressources similaires qui sont exploitées de manières similaires, tandis que les groupes fonctionnels se réfèrent à des fonctions de l'écosystème (Blondel, 20003).

Par exemple, des plantes ayant des modes de dispersion différents font partie de groupes effectifs différents. Mais elles font partie des mêmes guildes car, partageant les mêmes ressources, ces plantes appartiennent au même groupe de réponse.

Du point de vue du groupe fonctionnel, on se pose la question de savoir comment la ressource est utilisée.

La différence entre les deux termes (groupe fonctionnel et guildes) ne se reflète pas toujours dans les études. Une raison qui peut être évoquée à cet égard est la possibilité de lien entre espèces et fonctionnement de l'écosystème par le partage des ressources. La partition des ressources sur lesquelles comptent les guildes révèle le fonctionnement de l'écosystème. D'où l'importance du choix des traits qui dévoilent le mieux le partage des ressources ou la fonction.

Il est bien nécessaire de distinguer réponse à l'environnement et effet sur l'écosystème. Par exemple, des espèces qui se ressemblent dans leurs effets sur les processus de l'écosystème mais diffèrent dans leurs réponses à l'environnement fournissent une certaine stabilité dans cet écosystème. En effet, la diminution d'abondance d'une espèce pourra être compensée par l'augmentation d'une espèce similaire au point de vue fonctionnel.

La mesure de la diversité fonctionnelle peut s'établir en utilisant l'information biologique concernant la différence entre les espèces. Les connaissances biologiques des individus peuvent être formalisées et chaque variable correspondra à un trait biologique. On peut obtenir, *in fine*, par couplage des tableaux espèces-abondance et espèces-traits, une image fonctionnelle du milieu (Charvet, 1998). Les traits biologiques peuvent être les modes de nutrition, les habitats de nutrition, l'affinité pour le courant, la longueur du corps, la fécondité, la longévité, la forme du corps,... (Figures 13 et 14).

7. Problématique actuelle

La conservation des espèces passe par la conservation des habitats. Il faut cependant être prudent car une même espèce peut occuper plusieurs biotopes au cours de son cycle biologique (migration, recherche de nourriture, de zones de repos, d'alimentation, de refuge ou de reproduction, ...). Il ne suffit donc pas d'assurer la pérennité du biotope uniquement au stade adulte pour garantir la survie de l'espèce.

Deux modifications importantes interviennent dans la modification de l'habitat. Premièrement, le changement climatique et ensuite, les modifications apportées par l'homme tant dans le milieu aquatique que dans le bassin versant (Levêque & Paugy, 1999). Ces modifications proviennent essentiellement de l'aménagement des milieux aquatiques, de la surexploitation, de la pollution et de l'accroissement de la population (4,7 %/an) (Mbadu, 2003). De plus, avec le flux actuel de réfugiés de guerre, il est difficile d'estimer la population exacte au niveau de Kinkole. Ces réfugiés doivent également exploiter les ressources disponibles au niveau du Pool, comprenant principalement les poissons.

Tous ces facteurs exercent une pression sur les ressources naturelles et mettent en danger la faune ichtyologique.

Toutes les modifications climatiques d'origine naturelle ou anthropique peuvent avoir des conséquences sur le régime hydraulique d'un cours d'eau.

Les aménagements apportés par l'homme modifient à la fois le régime hydraulique, les inondations saisonnières et l'habitat naturel originel. Par exemple, la modification des crues par les barrages perturbe la biologie des espèces et simplifie la structure des peuplements entraînant à long terme la disparition des espèces. La disparition des forêts et l'occupation des bassins versants par l'homme augmentent le risque d'érosion et de turbidité des eaux. De même, l'impact de la pêche se manifeste par une pression sélective sur certaines espèces. La pratique de la pêche traditionnelle associée aux modifications de l'habitat peut avoir des conséquences importantes. Au fur et à mesure des années, l'utilisation de mailles de plus en plus petites entraîne la capture d'individus immatures et donc une diminution de la reproduction et, *in fine*, une diminution des espèces de petite taille et une disparition des espèces de grande taille. Actuellement, au niveau du Pool, les pêcheurs constatent que la quantité de poissons pêchés ainsi que leur taille diminuent constamment.

8. Objectifs globaux

Actuellement, la perte de la biodiversité indique l'importance d'une action de conservation. Mais, avant toute chose, il est nécessaire d'obtenir une information de base en terme qualitatif et quantitatif.

L'objectif de cette étude est de tenter d'établir une mesure de la diversité ichthyologique du Pool Malebo en se limitant à un endroit précis, Kinkole, par la réalisation d'un inventaire des espèces de poissons vivant à cet endroit.

Plusieurs approches seront abordées pour mesurer cette diversité.

Premièrement, nous mesurerons la diversité ichthyologique en calculant les différents indices de diversité.

Une deuxième approche permet une visualisation de la diversité spécifique grâce à la méthode des courbes cumulatives (samples-based rarefaction curves). Ensuite, nous appliquerons deux modèles asymptotiques aux données afin d'obtenir des mesures de cette richesse basée sur un effort d'échantillonnage standardisé.

Enfin, cette étude a pour objectif à long terme de servir de point de départ à d'éventuels suivis de la diversité lors des prochaines années.

Matériels et Méthodes

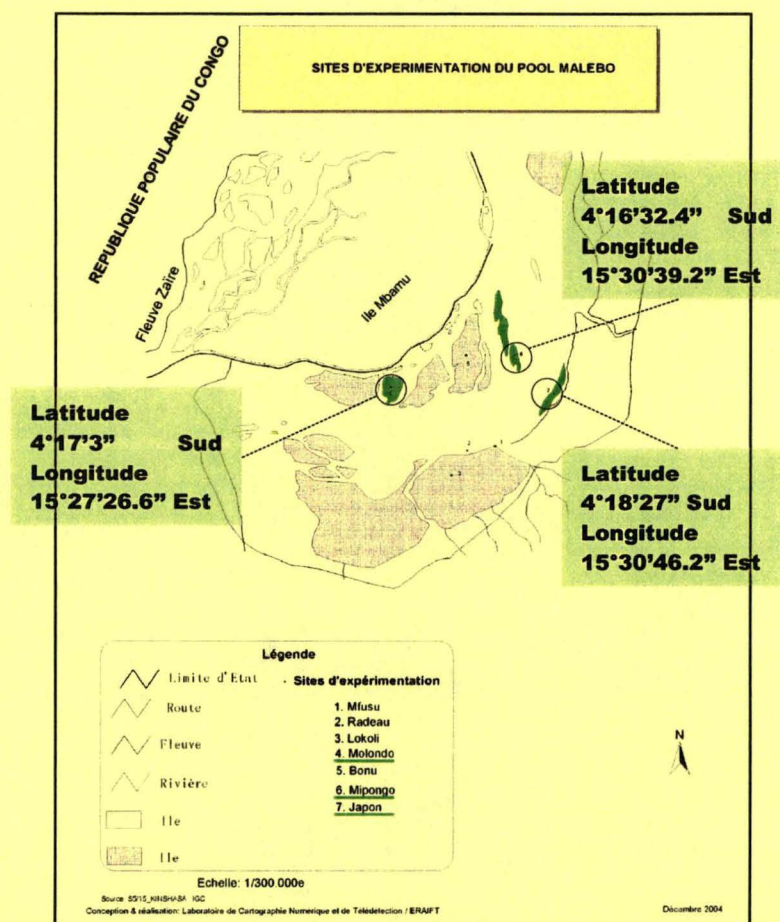


Figure 1 : carte du Pool Malebo d'après ERAIFT /ICG (Mbadu, 2003)

1. Présentation du milieu d'étude

Le site de Kinkole est situé à mi-distance entre Maluku au Nord-Est (début du Pool Malebo) et Kinsuka au Sud-Ouest (exutoire du Pool). Les eaux sont plutôt calmes aux alentours du site avec parfois des inversions du courant. Au centre du fleuve il est possible de rencontrer de forts courants permettant la pêche au large des plus gros spécimens (Cyprinidae, Mormyridae, Claroteidae).

Le site est composé principalement de sable et de vase et parfois de la superposition des deux ou de leur mélange.

Le site est divisé en trois sous-sites, Molondo, Mipongo et Japon, îles du Pool se retrouvant toutes au Sud de l'île principale Mbamu (Figure 1). L'île Mipongo est la plus au Nord parmi les trois îles. Elle possède une superficie de 0.88 km² et se trouve à 6 km de Kinkole par voie fluviale (Mbadu, 2003). L'île Molondo est la plus au Sud. L'île Japon quant à elle, est la plus proche du port de Kinkole. Par conséquent, il est envisageable qu'elle ressente plus les effets anthropiques que les deux autres.

1.1. Le pool Malebo

1.1.1. Étude physico-chimique des eaux du Pool Malebo

Dans ce paragraphe, les données physico-chimiques des îles Mipongo et Japon seront considérés comme représentatives de la physico-chimie des eaux aux alentours de Kinkole.

En effet, si on considère le gradient amont-aval du Pool, les îles considérées se positionnent relativement aux mêmes endroits. Les données physicochimiques présentées en tableau 1 proviennent des travaux effectués par José Tsebe Bakisi (UNIKIN).

		Ile Mipongo	Ile Japon
Température moyenne (°C)			
	De l'air	26.4	26.8
	De la surface	27.1	27.3
	De la profondeur	27.3	27.2
Turbidité (ppm)		14.35	13.1
Transparence (cm)		58.1	51.15
Conductivité (µS)		24.1	21.8
pH		6.28	5.86
O ₂ dissous (mg/l)		6.49	6.47
K ⁺ (mg/l)		0.6	1.01
Ca ²⁺ (ppm/mg)		0.075	0.15
Mg ²⁺ (ppm/mg)		0.745	0.76
Cl ⁻ (mg/l)		1.59	1.56
NO ³⁻ (mg/l)		0.09	0.07
SO ²⁻ ₄ (mg/l)		1.5	0.63
PO ³⁻ ₄ (mg/l)		2.98	3.92

Tableau 1 : Données physico-chimiques et chimiques des îles Mipongo et Japon. Les données ont été rassemblées à partir des études effectuées par et José Tsebe Bakisi.



Figure 2: Prise de vue de la végétation de l'île Mipongo représentée principalement par *Eichornia crassipes* (photo du haut), espèce envahissante du Pool Malebo.

Remarque : aucune donnée n'a pu être trouvée concernant l'île Molondo. Une partie de ce travail aura pour but d'effectuer un relevé de la physico-chimie des 3 îles, à savoir, Mipongo, Molondo et Japon.

1.2. Approche floristique de l'île Mipongo

Etant donné que les études sur le Pool Malebo sont récentes, il a été difficile de trouver des renseignements concernant la flore des îles Molondo et Japon. Durant cette étude, nous considérerons les îles proches les unes des autres aussi bien sur le plan floristique que faunistique (piscicole). Dès lors, la flore de l'île de Mipongo sera considérée, ici, comme représentative des deux autres îles.

L'étude floristique réalisée par Sumaéli en 2004 nous apprend que la flore de Mipongo est composée de 71 espèces regroupées en 44 genres, 29 familles (Figure 2). Elle est dominée par les espèces de l'embranchement des Magnoliophyta (98.34 % de l'ensemble spécifique) alors que l'embranchement des Ptérydophyta n'est représenté que par deux espèces soit 1.66 % de la flore étudiée. L'embranchement des Magnoliophyta est représenté principalement par les familles décrites dans le Tableau 2.

Familles dominantes	Genres	Espèces	Proportion de l'ensemble spécifique
Cyperaceae	7	21	17.36 %
Poaceae	11	15	12.40 %
Asteraceae	11	12	9.90 %

Tableau 2 : comparaison des familles dominantes de la flore de Mipongo (Sumaéli, 2004).

Le ratio dichotylédones / monocotylédones est de 1.5 (inférieur à 3.5), ce qui est en accord avec le fait que la phytocénose est de type savanicole. Le sol hydromorphe et les substrats récents ne permettent pas le développement de forêts. L'action anthropique joue également un rôle majeur sur la diversité sylvicole.

L'île Mipongo possède donc une flore à faciès aquatique à semi-aquatique périodiquement inondée (Sumaéli, 2004).

2. Prélèvement des données

2.1. Les facteurs abiotiques

Les mesures physico-chimiques ont été directement réalisées sur les 3 sites d'échantillonnage. La température de l'eau a été mesurée à l'aide d'un thermomètre couplé à un conductimètre de terrain de marque Hanna de précision 0,1 °C permettant également de mesurer la conductivité avec une précision de 0,1 µS/cm.

La transparence de l'eau est calculée grâce au disque de Secchi.

Le pH est mesuré avec le pH-mètre Hanna à 0,1 unité de pH.

La concentration des cations et des anions des trois îles a été mesurée comme suit :



Figure 3 : Photo du haut, technique de la pêche à la sambwissa . Photo du bas, emplacement constitué de hautes herbes convenant pour cette technique de pêche.

- La dureté : méthode colorimétrique à la camégite (0.7 à 4 mg/l Ca^{2+} et Mg^{2+} en CaCO_3), programme hach 225 dureté Mg^{2+} et 220 dureté Ca^{2+} . Les réactifs sont composés d'une solution alcaline, d'une solution EDTA 1M et d'une solution EGTA.
- Le potassium : méthode de tétraphény borate (0.1 à 7 mg/l), programme hach 905 potassium. Les réactifs sont composés de potassium 1 reagents, potassium 2 reagents et de potassium 3 reagents.
- Le chlorure : méthode thiocyanate mercurique (0.1 à 25 mg/l en ion chlorure), programme hach 70 chlorure. Les réactifs sont composés de solution ferrique et de solution de thiocyanate.
- Le nitrate : méthode de réduction au calcium (0.01 à 0.5 mg/l), programme hach 351 N. Les réactifs sont composés de nitraver 3 et de nitraver 6.
- Les sulfates : méthode au sulfaver 4 (2 à 7 mg/l), programme hach 680 sulfate. Le réactif est du sulfaver 4.
- Les phosphates : méthode au phosver 3 (0.06 à 500 mg/l ion phosphate ou 0.02 à 1.60 mg/l), programme hach 535 PVT NT. Le réactif est composé de phosver 3.

2.2. Pêche aux filets maillants

La pêche expérimentale est effectuée sur les trois sous-sites de Kinkole à l'aide de filets maillants. Les filets, longs de 50 m, sont constitués de mailles d'entre-nœuds de 10, 15, 20, 25, 35, 40, 50 mm. Une hypothèse selon laquelle la pose des filets pendant un temps plus long permettrait de capturer plus de poissons n'est pas vérifiée. Il a en effet été montré qu'il n'y avait pas de relation linéaire significative entre le temps de pose et la prise totale ou entre le temps de pose et le nombre d'espèces récoltées (Allison, 2000). Nous pouvons donc considérer chaque pose et relevé de filet comme une unité d'échantillonnage (Halfpter & Moreno, 2001). Chaque pose ou unité d'échantillonnage est une répétition d'échantillonnages équivalents. Le nombre d'unités nécessaires pour obtenir une représentation adéquate de la diversité reste encore à déterminer à l'aide des deux modèles asymptotiques.

Les échantillons de poissons ont été récoltés entre le 1^{er} février et le 30 mai, à raison de deux sorties par mois pour les trois sous-sites. Les filets sont posés le soir entre 17h00 et 18h00 et relevés le matin entre 7h00 et 08h00.

Pour l'île Mipongo, les filets maillants ont été posés lors des nuits du 24 au 25 février, du 09 au 10 mars, du 23 au 24 mars, du 14 au 15 avril, du 22 au 23 avril, du 05 au 06 mai et du 20 au 21 mai.

Pour l'île Molondo, les filets maillants ont été posés lors des nuits du 25 au 26 février, du 10 au 11 mars, du 24 au 25 mars, du 13 au 14 avril, du 21 au 22 avril, du 04 au 05 mai et du 19 au 20 mai.

Pour l'île Japon, les filets maillants ont été posés lors des nuits du 26 au 27 février, du 11 au 12 mars, du 25 au 26 mars, du 12 au 13 avril, du 23 au 24 avril, du 06 au 07 mai et du 21 au 22 mai.

Un filet maillant supplémentaire a été posé le 25 février à 14h00 et relevé le jour même à 16h00. Cette pose a été comptabilisée avec les pêches effectuées à l'île Molondo.

2.3. Pêche à la « sambwissa »

Cette technique de pêche est essentiellement utilisée par les pêcheurs locaux. Elle consiste à choisir un emplacement constitué de grumes et de hautes herbes. Nous plaçons un filet autour de la zone choisie pour empêcher les poissons de s'échapper. Tous les végétaux sont coupés et évacués de la zone délimitée par le filet. Les poissons sont alors pris au piège dans le filet. Au fur et à mesure que la coupe progresse, nous resserrons le filet pour s'assurer qu'aucun individu ne s'échappe (Figure 3). Cette technique ne permet pas d'attraper plus de poissons, mais elle est intéressante car d'autres espèces de poissons sont capturées. Une pêche à la sambwissa correspond à une unité d'échantillonnage. Chaque pêche est effectuée en milieu de journée ou au début de l'après-midi (entre 11h00 et 14h00). Les différentes pêches à la sambwissa ont été effectuées les 24 février, 10 mars, 15 avril, 23 avril, 06 mai et 21 mai pour l'île Mipongo.

Au niveau de l'île Molondo, elles ont été réalisées les 26 février, le 11 mars, le 25 mars, le 14 avril, le 22 avril, le 05 mai et le 20 mai.

Les sambwissas ont été exécutées au niveau de l'île Japon les 27 février, le 12 mars, le 26 mars, le 13 avril, le 24 avril, le 07 mai et enfin le 22 mai.

3. Détermination des individus

Une partie des poissons a été déterminée *in situ* mais de nombreuses espèces ont dû être emmenées au laboratoire pour une détermination plus approfondie. Étant donné qu'il n'existe pas d'ouvrage de référence pour les poissons du Pool Malebo et du Bas-Congo, la détermination jusqu'au genre a été réalisée à l'aide du *Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique* (Max et Poll, 1995) et en partie de la clé intitulée : *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest* (Levêque, Paugy, Teugels, 1990). La détermination jusqu'à l'espèce a été effectuée sur base de différents articles et ouvrages (Appendice A). La clé des poissons de l'Afrique de l'Ouest a été utilisée avec réserve étant donné que le Pool Malebo se trouve en Afrique Centrale.

4. Traitement des données physico-chimiques

Étant donné que l'on considère les trois îles comme représentatives de la région de Kinkole, une analyse en composantes principales normalisées (ACPN) a été effectuée sur la moyenne des valeurs standardisées obtenues à partir des données physico-chimiques des trois îles (Charvet *et al*, 1998).

5. Evaluation de la diversité spécifique des poissons

L'utilisation des fonctions asymptotiques couplées aux courbes d'accumulation augmente la rigueur des comparaisons en donnant une estimation de l'entièreté des inventaires (Moreno &

Haffter, 2000). Ces fonctions permettent également de connaître le minimum d'effort requis pour échantillonner 90 % de la faune ichthyologique totale. Le but premier de cette technique est de donner une estimation de la richesse spécifique de la région de Kinkole. Deux techniques de pêche ont été employées dans cette zone du Pool Malebo. On applique les modèles au jeu de données « espèces observées cumulées - échantillons ». Ainsi, nous pouvons voir si notre effort d'échantillonnage est suffisant et si nous nous rapprochons de la diversité vraie à cet endroit.

5.1. Courbe cumulative des espèces basées sur les échantillons comme visualisation de la biodiversité

La courbe cumulée des espèces ou encore « sample-based rarefaction curve » est un outil permettant de visualiser la richesse spécifique. Elle enregistre le nombre total d'espèces relevées durant l'échantillonnage. La courbe est produite par un ré-échantillonnage répété du réservoir de n échantillons, de manière aléatoire, plaçant le nombre de nouvelles espèces cumulées en fonction des échantillons. L'échantillonnage se fait sans remplacement de chaque ré-échantillon (Gotelli & Colwell, 2001). Par exemple, nous considérons que l'on fait 10 mesures d'échantillonnage dans une zone déterminée. Nous sélectionnons une des 10 mesures d'échantillonnage au hasard et on compte le nombre d'espèces. Ensuite, nous prenons une deuxième mesure d'échantillonnage au hasard en cherchant les espèces qui n'ont pas encore été répertoriées. On répète avec la troisième mesure d'échantillonnage en comptant les espèces qui n'ont pas encore été trouvées et on continue de la sorte avec les 7 mesures restantes. La courbe finalisée donne un aperçu de la diversité réelle ainsi qu'une estimation de la richesse spécifique.

Dans notre contexte, l'unité d'échantillonnage correspond à une nuit de pose comprenant l'ensemble de la batterie de filets pour la pêche aux filets dormants et à une pêche à la sambwissa pour cette technique.

La courbe cumulée permet de ne pas tenir compte du nombre d'individus collectés et comptés entre deux prélèvements. Avec une mesure standardisée de la richesse spécifique, il est possible de comparer des espèces provenant d'endroits différents, à des moments différents et échantillonnées de manière différente.

La comparaison entre deux courbes ne peut se faire que quand l'asymptote est atteinte mais dans les habitats tropicaux celle-ci l'est rarement (Gotelli & Colwell, 2001). L'asymptote est atteinte uniquement quand toutes les espèces disponibles dans la zone étudiée ont été échantillonnées.

Pour pallier à ce problème, on répète les produits de la courbe obtenue par additions successives des nouvelles espèces cumulées produisant ainsi une courbe correcte, permettant ainsi la standardisation de l'effort d'échantillonnage. Cette courbe ne pouvant être calculée théoriquement, nous avons eu recours à un nombre répété de simulations de Monte Carlo grâce au logiciel freeware, EstimateS. Pour un nombre n d'échantillons donnés, EstimateS utilise cette simulation qui génère un grand nombre de collections de n aléatoires combinés aux échantillons.

Cette modélisation par le logiciel EstimateS constitue une utile première impression. A ce stade, il est encore impossible de déterminer si notre échantillonnage est correct et suffisant et s'il est possible d'obtenir une estimation juste de la richesse spécifique à partir d'une mesure standardisée de l'effort d'échantillonnage. Par la suite, la courbe pourra nous fournir une estimation de l'effort d'échantillonnage requis pour atteindre un niveau suffisamment complet de l'échantillonnage.

L'utilisation d'un module de régression non linéaire permet d'adapter aux données deux modèles asymptotiques : le modèle de dépendance linéaire (i) et le modèle de Clench (ii) (Soberon & Halffter, 1993).

5.1.1. Le modèle de dépendance linéaire

Le modèle de dépendance linéaire est basé sur l'hypothèse que le nombre d'espèces récoltées diminue lorsque l'effort d'échantillonnage augmente.

$$Sn = a/b [1 - \exp(-bn)]$$

Sn correspond au nombre d'espèces prévues dans le $n^{\text{ième}}$ échantillon. Le paramètre n représente la mesure de l'effort d'échantillonnage. Le rapport a/b correspond à la constante de régression adaptée (Colwell & Coddington, 1994). La constante a représente le taux d'accroissement au début de l'échantillonnage et b , l'accumulation des espèces qui est un paramètre lié à la forme de l'accumulation de nouvelles espèces durant l'échantillonnage.

Le nombre d'échantillons requis pour inclure une proportion donnée (q) d'espèces échantillonnées par technique est donné par la formule :

$$n_q = -1/b \ln(1 - q) \text{ (Lama, Robbins et Harvey, 1991)}$$

On estime que 90 % ($q = 0.9$) du total de la faune prédite par le modèle est une valeur standardisée acceptable pour comparer la richesse spécifique entre des communautés (Moreno & Halffter, 2000).

5.1.2. Le modèle de Clench

L'équation de Michaelis-Menten, utilisée par Clench en 1979, peut être adaptée pour le modèle présenté ici. Pour une valeur donnée d'espèces, la fonction d'échantillonnage est plus grande si le temps accumulé est plus important. Cela signifie que la probabilité d'ajouter de nouvelles espèces augmente avec le temps dépensé mais qu'elle diminue avec le nombre d'espèces déjà enregistrées.

$$Sn = an/(1 + bn) \text{ (Soberon & Llorente, 1993)}$$

Le nombre d'échantillons requis pour inclure une proportion donnée (q) d'espèces est donné par la formule :

$$nq = q/[b(1 - q)]$$

L'asymptote à la courbe est donnée par le rapport a sur b , et qui correspond donc à S_{max} , la richesse spécifique maximale.

5.2. Calcul des indices de biodiversité

5.2.1. L'indice de Shannon

L'indice le plus couramment utilisé est l'indice de Shannon-Weaver (1963). Il se calcule comme suit :

$$H' = \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

k est le nombre d'espèces et p_i est la proportion du nombre total d'individus dont les échantillons ont été prélevés dans chacune des espèces i . Pour éviter de calculer les proportions, il est utile de calculer l'index de diversité directement à partir de la dimension des échantillons et la fréquence de chaque espèce.

$$H' = \frac{n \log n - \sum_{i=1}^k f_i \log f_i}{n}$$

H' est en fait une sous-estimation de la population échantillonnée. Cette tendance diminue avec l'augmentation de la dimension des échantillons.

Le paramètre n correspond au nombre total d'individus de l'échantillon, f_i à la fréquence d'individus par espèce (le logarithme est en base dix).

H' est minimale si tous les individus d'un peuplement appartiennent à une seule et même espèce. Au contraire, l'indice sera maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces. Dans la nature, la valeur de H' se situe en générale entre 0.5 et 4.5.

Une fois l'index calculé, on peut concevoir une comparaison entre deux sites différents ou bien entre deux valeurs de H' différentes. Le test statistique pour la comparaison des indices de diversité est le Test-t.

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{s_{H'_1 - H'_2}}$$

Cette équation exprime la différence entre les deux indices de diversité calculés divisée par la différence de l'erreur standard.

$$s_{H'_1 - H'_2} = \sqrt{S_{H'_1}^2 - S_{H'_2}^2}$$

La variation de chaque index de diversité est calculée par :

$$S_H^2 = \frac{\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2 / n}{n^2}$$

L'hypothèse nulle est que les indices de diversité soient identiques. L'hypothèse alternative est qu'ils soient différents. Nous avons donc effectué une comparaison par paires à l'aide du test de Student (t-test).

Ce type d'indice est sensible à la présence de petits individus rares dans de grands échantillons. Il est donc utile d'utiliser d'autres indices pour analyser si les différences sont constantes ou bien si elles sont affectées par ce type de biais.

Nous avons également utilisé la formule simplifiée fournie par Hayek & Buzas (1997) pour voir si les différences entre les deux formules sont significatives ou non.

Une troisième estimation de la richesse spécifique est fournie par le logiciel EstimateS qui la détermine sur base des nouvelles espèces cumulées en fonction de l'échantillonnage.

5.2.2. L'indice de Simpson

L'indice de Simpson calcule la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Il rend compte de l'augmentation du nombre d'espèces par individu sur lequel un échantillonnage est porté. Lorsque la diversité est maximale, il est

proche de zéro, lorsqu'elle est minimale, il est proche de 1. Pour obtenir des valeurs plus intuitives, on peut utiliser l'indice de diversité de Simpson représenté par $1-D_v$, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1 et le minimum par la valeur 0. Cet indice donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares.

$$D_v = \sum_{i=1}^k \frac{1}{p_i^2}$$

Le paramètre p_i est la proportion du nombre total d'individus et peut être calculé comme suit :

$$p_i = N_i(N_i - 1) / N(N - 1)$$

D'autres formules ont été également utilisées pour valider le premier indice calculé. Il s'agit de la technique de Hayek & Buzas (1997) :

$$Simpson = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Ou encore la formule de Daget & Magurran (1988) :

$$Simpson = 1 - \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

5.2.3. L'indice de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson.

$$Hill = (1/S) / e^{H'}$$

Le paramètre $1/S$ correspond à l'inverse de l'indice de Simpson et $e^{H'}$ est l'exponentielle de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. Le numérateur permettra de mesurer le nombre effectif d'individus très abondants, tandis que le dénominateur donnera la mesure du nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. On utilise généralement l'indice 1-Hill, où la diversité maximale est représentée par 1 et la diversité minimale par la valeur zéro.

6. But des mesures

L'objectif principal de toutes ces mesures et représentations est de donner une estimation aussi vraie que possible de la richesse spécifique du Pool Malebo aux environs du port de Kinkole.

L'utilisation des méthodes de comparaison permettra de distinguer quelle est la technique de pêche la plus favorable pour l'évaluation de la richesse ichtyologique.

L'application des modèles asymptotiques donnera non seulement une estimation de la richesse mais également l'effort d'échantillonnage minimal requis pour enregistrer 90 % du total des espèces sensibles à chaque technique de pêche.

Remarque : Les représentations simulées de la courbe cumulative des espèces sont réalisées par le logiciel freeware EstimateS (Colwell, 2004). L'application des modèles asymptotiques par le module de régression non linéaire est réalisée par la méthode du quasi-Newton grâce au logiciel STATISTICA (Statsoft, 1997). L'analyse en composantes principales est effectuée à l'aide des logiciels STATISTICA et XLstats (Addinsoft, 2004).

Résultats et Discussions

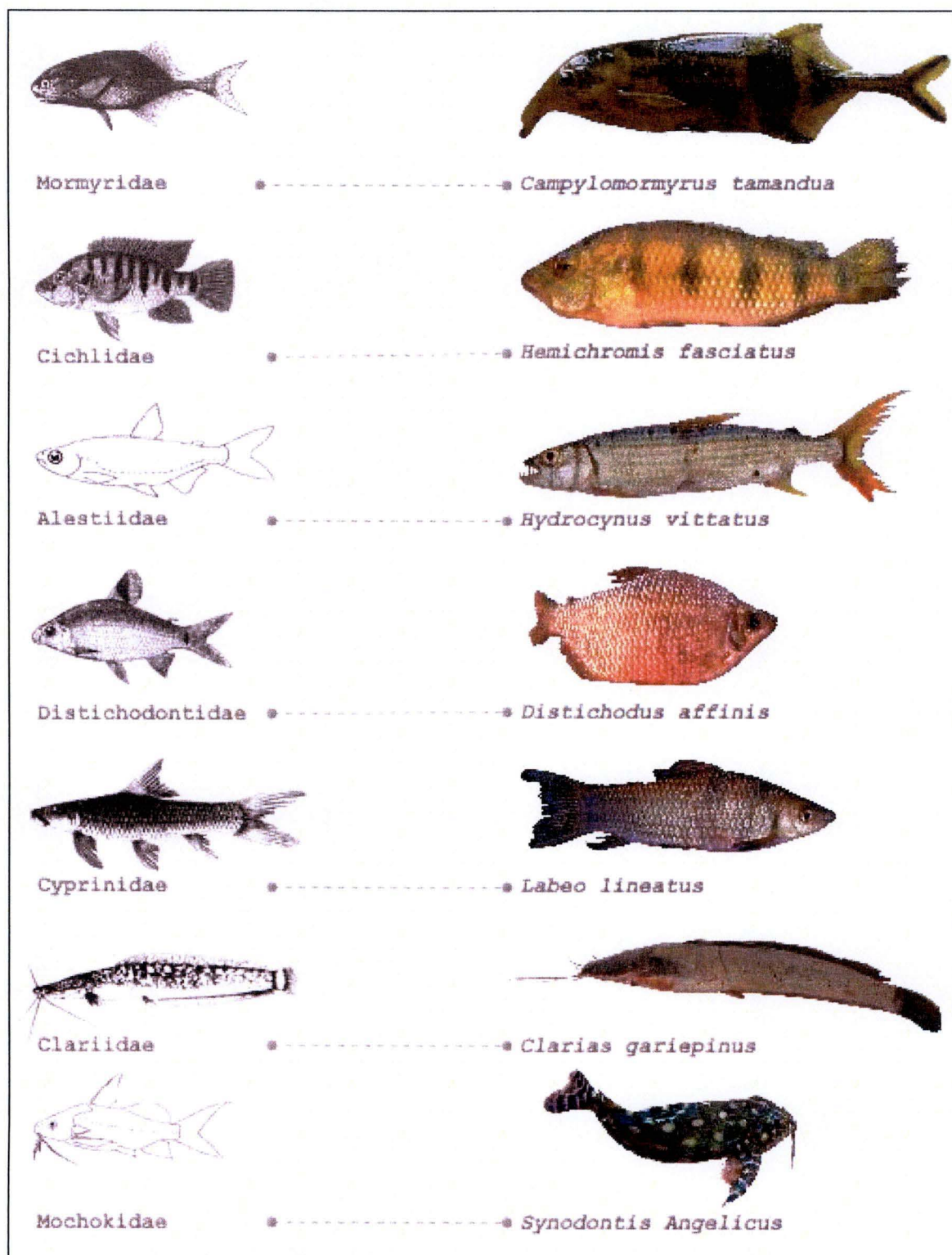


Illustration 1 : Quelques familles de poissons caractéristiques du Pool Malebo ainsi qu'une espèce représentative.

1. Traitement des données physico-chimiques et chimiques

L'analyse en composantes principales normalisées (ACPN) réalisée sur les données physico-chimiques permet d'extraire sur le premier axe factoriel 29,86 % de la variance totale du nuage de points, tandis que le deuxième axe représente 22,82 % de la variabilité (Figure 1). Les variables qui expliquent le mieux l'axe F1 sont le calcium (Ca^{2+}) avec 13.79 % de contribution, les sulfates (SO_4^{2-}) avec 10.80 % et la température de l'eau en surface avec 10.76 %. Les variables qui contribuent le plus à l'axe F2 sont la température de l'air (25.1 %), les phosphates (PO_4^{3-}) avec 12.74 % et la température de l'eau en surface avec 12.1 %.

Globalement, le graphique ne permet pas d'émettre de conclusions quant aux paramètres qui interviennent le plus dans la variabilité de l'habitat.

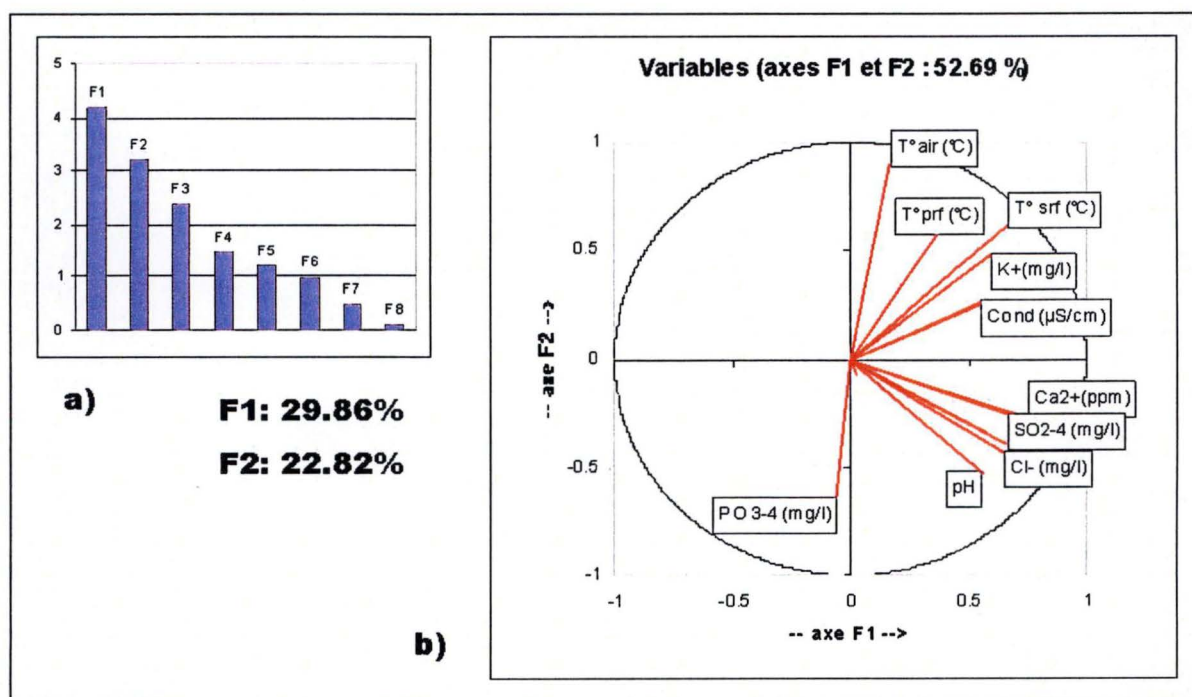


Figure 1 : Analyse en composantes principales des données physico-chimiques : a) graphe des valeurs propres, b) carte factorielle des variables physico-chimiques intervenant dans l'analyse ; $T^{\circ}\text{air}$ = température de l'air ; $T^{\circ}\text{srf}$ = température en surface de l'eau ; $T^{\circ}\text{prf}$ = température en profondeur ; Cond = conductivité ; K^{+} = potassium ; Ca^{2+} = calcium ; SO_4^{2-} = sulfate ; Cl^{-} = chlore ; PO_4^{3-} = orthophosphate.

2. Structure des peuplements ichthyologiques

L'étude des peuplements de poissons nécessite un inventaire aussi précis que possible de la composition qualitative et quantitative de ces peuplements. Pour évaluer la diversité des poissons du Pool Malebo, nous avons donc eu recours à deux techniques de pêche, une plus classique, la pêche aux filets maillants et l'autre, plus traditionnelle, la pêche à la sambwisa. Mais obtenir un échantillonnage représentatif des peuplements est un exercice assez difficile. De nombreux facteurs rendent cet échantillonnage contestable : la mobilité des poissons, leur cycle saisonnier et journalier, la difficulté d'accéder à certains habitats, les conditions d'échantillonnage,...

2.1. Pêche aux filets maillants

Neuf ordres ont été recensés dans la région du port de Kinkole. La figure 2 illustre la représentation proportionnelle des différents ordres sur base des familles répertoriées par la pêche au filet maillant.

C'est l'ordre des Osteoglossiformes qui domine le peuplement avec 24.1 % du total des familles présentes au Pool Malebo. Cet ordre est représenté essentiellement par les Mormyridae qui étalent la plus grande diversité avec 17 espèces récoltées (Figure 2).

Juste après les Osteoglossidae, se partagent la deuxième place, les Perciformes, les Characiformes et les Siluriformes avec 17,16 et 15 familles respectivement.

Les moins représentés à ce niveau d'organisation sont les Tetraodontiformes et les Polypteriformes à famille unique, les Clupeiformes et les Symbranchiformes composés de deux familles.

A noter, l'importance que prennent les Characiformes en terme de nombre d'individus. Cet ordre compte à lui seul 60.6 % du total des individus capturés aux filets. C'est de loin le plus abondant pour la pêche aux filets maillants.

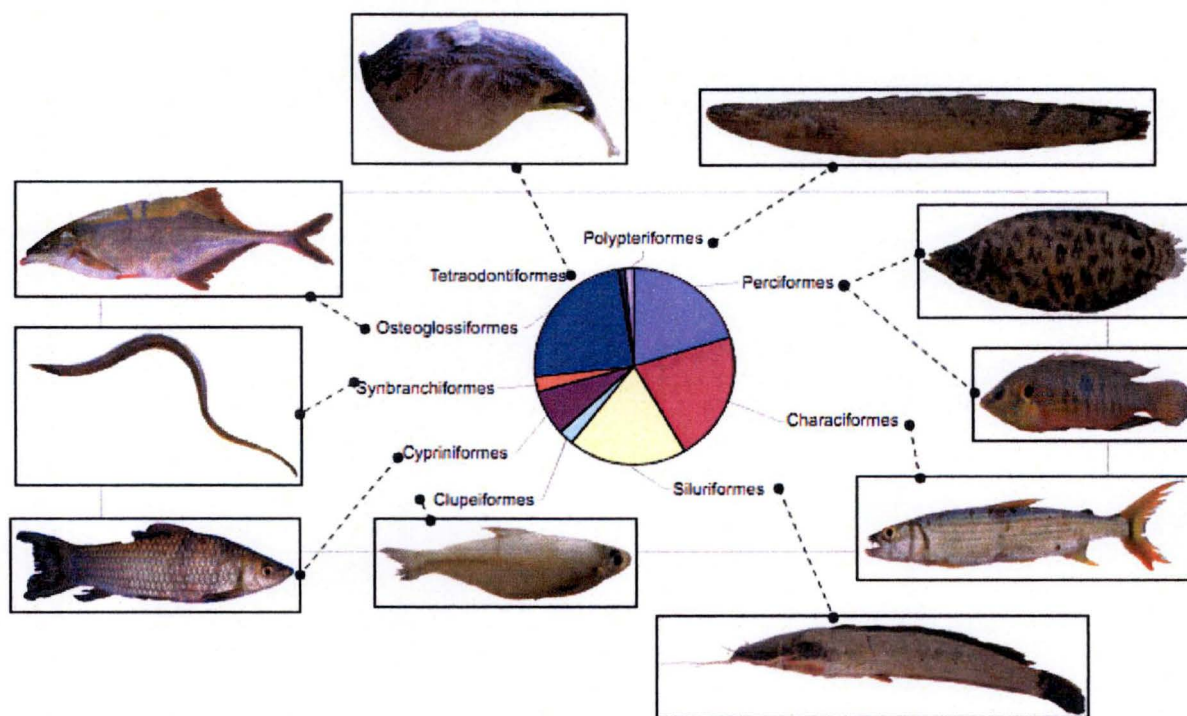


Figure 2 : Graphe de proportion des ordres de poissons pour la région de Kinkole, les 3 îles confondues pour la pêche au filet.

Comme vu précédemment, ce sont les Mormyridae qui dominent au point de vue de la diversité au sein des familles (17 espèces) dans la région de Kinkole (Figure 3). Les Cichlidae présentent également une diversité abondante avec 15 familles suivis par les Alestiidae (8) à égalité avec les Distichodontidae, les Cyprinidae (6) et enfin, les Clariidae à égalité avec les Mochokidae (5 familles) (Illustration 1). C'est l'ordre des Characiformes qui est le plus abondant. Et au sein de cet ordre, ce sont les Alestiidae les plus représentés avec 31.2 % de l'ensemble des individus capturés au filet. La famille des Cichlidae représente 20.1 % des individus capturés à égalité avec les Cyprinidae (19.6 %).

En regardant la proportion des individus pêchés au filet, ce sont les *Ichthyoborus ornatus* qui abondent dans les eaux du Pool avec 19.6 % du total des individus enregistrés. Ce sont donc les plus abondants, suivis par *Brycinus imberi*, 13.2 %, *Labeo lineatus*, 5.8 % et enfin les Cichlidae avec *Tylochromis lateralis* (4.9 %).

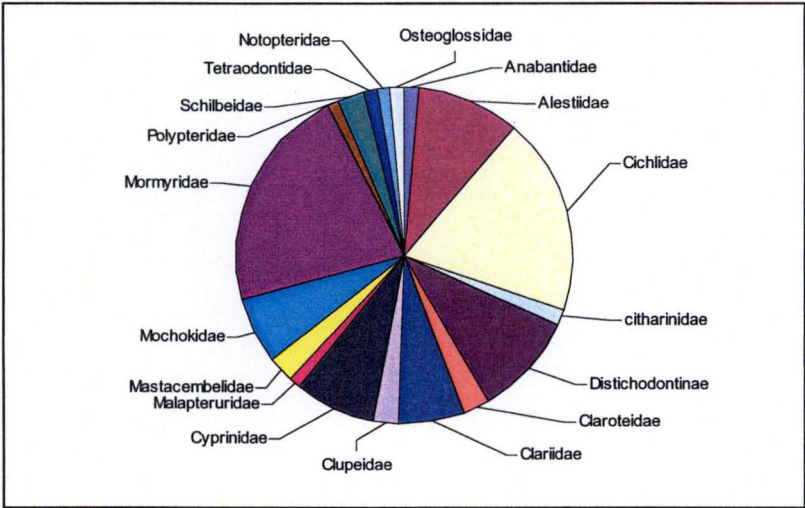


Figure 3 : Graphe de proportion des familles de poissons pour la région de Kinkole, les 3 îles confondues pour la pêche aux filets maillants.

2.2. Pêche à la sambwissa

La figure 4 illustre la proportion des ordres pour la pêche à la sambwissa. On note la diversité des Osteoglossiformes composée de 25 familles représentant 30.1 % de l'ensemble des familles répertoriées.

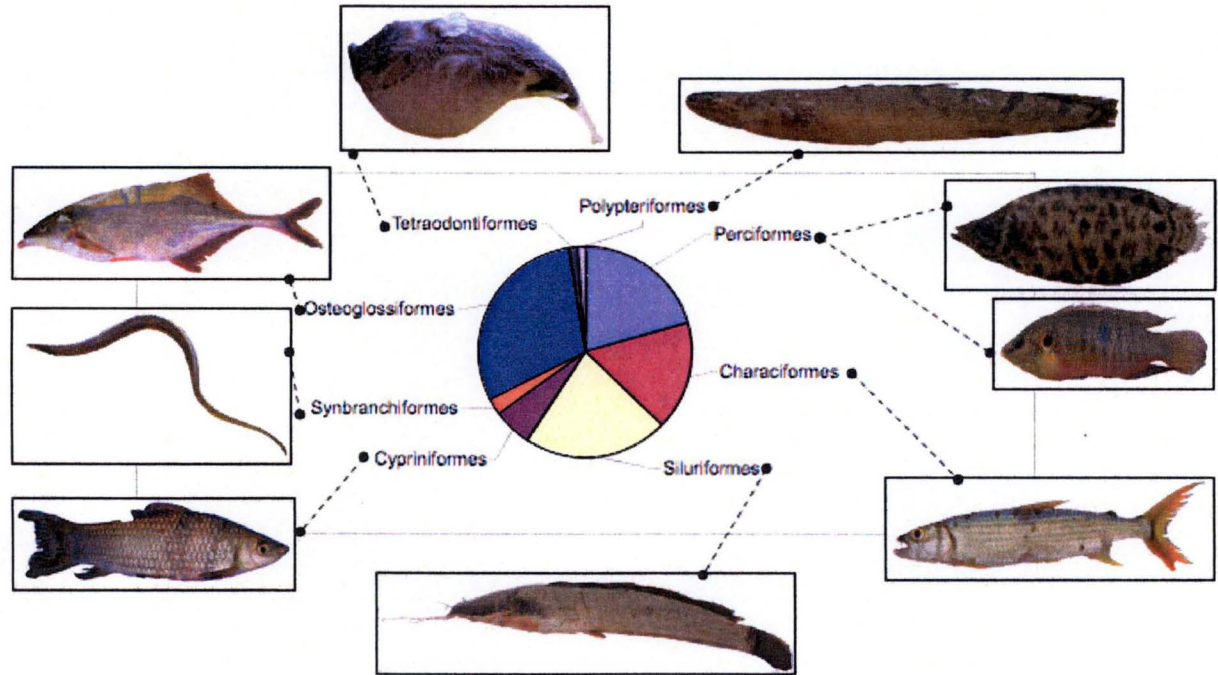


Figure 4 : Graphe de proportion des ordres de poissons pour la région de Kinkole, les 3 îles confondues pour la pêche à la sambwissa.

Viennent ensuite les Siluriformes (18 familles) et les Perciformes (17). La majorité des espèces de l'ordre des Siluriformes appartient à la famille des Mochokidae.

Comme pour la pêche aux filets, la pêche à la sambwissa ne permet de récolter qu'une seule famille de Symbranchiformes (Symbranchidae) et de Tétrodontiformes (Tetraodontidae).

En terme d'individus, l'abondance des Characiformes est également importante grâce à cette technique de pêche (50 %). On observe par contre une diminution des Cypriniformes (4.8 %) alors que la pêche au filet permettait d'en enregistrer presque trois fois plus (13.9 %). La quantité plus nombreuse de familles de l'ordre des Osteoglossiformes lors des pêches à la sambwissa est essentiellement due aux Osteoglossidae et autres nombreuses espèces de Mormyridae.

3. Calcul des indices de diversité

Les différents indices de diversité calculés seront mis en corrélation avec les courbes cumulées des espèces pour les pêches aux filets maillants et à la sambwissa.

indices de diversité	Shannon-Weaver	Shannon-Weaver	Simpson	Simpson	1-Hill
selon	technique ESBio	EstimateS (Hayek & Buzas)	Daget & Magurran	Hayek & Buzas	
pêche aux filets	3.51	3.12	0.92	0.92	0.95
sambwissa	3.32	3.33	0.91	0.91	0.96

Tableau 1 : Comparaison des valeurs des indices calculés selon les deux techniques de pêche.

L'indice de Shannon-Weaver pour la pêche aux filets est de 3.51 et de 3.32 pour la pêche à la sambwissa (Tableau 1). Un calcul des variances suivi d'un t-test adapté a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux types de pêche pour l'indice de Shannon (IC=0.95). L'hypothèse 0 est que les deux indices sont différents. Nous pouvons affirmer que la diversité sur le site est assez importante puisque l'ordre de grandeur de l'indice de Shannon est compris entre 0 et 4.5.

L'indice de Simpson, calculé dans ce cas-ci par la différence « 1-indice », nous apprend que la diversité est pratiquement maximale, étant donné que zéro représente la valeur minimale. L'indice de Simpson montre peu de variation. Ce qui pourrait suggérer qu'il n'y a pas de différence entre les deux techniques du point de vue de la quantité d'espèces rares et d'espèces abondantes.

De la même façon, l'indice de « 1-Hill », pour lequel la diversité minimale est proche de zéro, nous indique que la diversité est bien représentée (0,95 et 0,96 pour la pêche aux filets maillants et à la sambwissa respectivement).

4. Courbes cumulatives des espèces

4.1. Technique de la pêche aux filets maillants

Une première observation des courbes cumulées des espèces, ne permet pas encore de tirer de conclusions, mais la Figure 5 fournit une première visualisation de la richesse spécifique des poissons dans la région de Kinkole. Les deux courbes cumulatives des espèces nous indiquent que pour un même nombre d'échantillonnages, la pêche à la sambwissa fournit une plus grande diversité. L'application des deux modèles asymptotiques permet de mieux se rendre compte de la richesse spécifique du milieu en fonction du type de pêche.

Les courbes cumulatives des espèces de la Figure 5 atteignent rapidement l'asymptote, c'est à dire le maximum de poissons que la pêche aux filets maillants permet d'échantillonner. Mais le modèle de dépendance linéaire donne des constantes a et b différentes de celles fournies par le modèle de Clench. Le premier calcule le maximum d'espèces à 74, tandis que le second donne une valeur de 84 espèces cumulées (Tableau 2).

modèle de dépendance linéaire					
	a	b	a/b	r ²	effort d'échantillonnage requis
pêche filets	24.77	0.34	73.89	0.93	6.87
sambwissa	11.05	0.11	102.73	0.98	21.40
modèle de Clench					
	a	b	a/b	r ²	effort d'échantillonnage requis
pêche filets	39.53	0.47	83.87	0.97	19.10
sambwissa	11.97	0.08	150.85	0.98	113.46

Tableau 2 : Comparaison des valeurs des différents paramètres fournies par les deux modèles asymptotiques en fonction des pêches. L'effort d'échantillonnage requis correspond à l'effort minimal pour enregistrer 90 % de la faune totale existante.

D'après ces deux modèles, les prospections aux filets maillants ont permis de capturer l'essentiel des espèces sensibles à cette technique. En effet, le modèle de dépendance linéaire suggère que le nombre d'échantillonnages suffisant est de 7 alors que le modèle de Clench préconise une vingtaine de pêches successives pour enregistrer 90 % de la faune totale existante. Or, nous avons effectué un total de 22 unités d'échantillons. Ce qui, selon le modèle, devrait se révéler suffisant. En effet, 20 espèces ont été inventoriées, plus que le nombre prédit par les deux modèles.

Le modèle de dépendance linéaire atteint plus rapidement l'asymptote que le modèle de Clench. Comparons les paramètres des deux modèles, et plus particulièrement le paramètre b qui intervient dans la pente de la courbe. Pour la pêche aux filets, il est de 0.34 selon le modèle de dépendance linéaire et de 0.47 selon le modèle de Clench. Donc, plus cette constante sera petite plus elle influencera positivement la pente de la courbe. Celle-ci sera d'autant plus raide que sa valeur est petite.

Le modèle de Clench semble donner une estimation plus proche de la réalité. Pour un effort d'échantillonnage de 22 poses, il estime à 77 le nombre d'espèces déjà récoltées et il n'atteint pas l'asymptote, contrairement au modèle de dépendance linéaire qui affiche une valeur maximale de 74 et donc atteint l'asymptote plus rapidement. En réalité, nous avons pêché 80

espèces différentes, ce qui se rapproche plus du modèle de Clench que du modèle de dépendance linéaire (Figure 6).

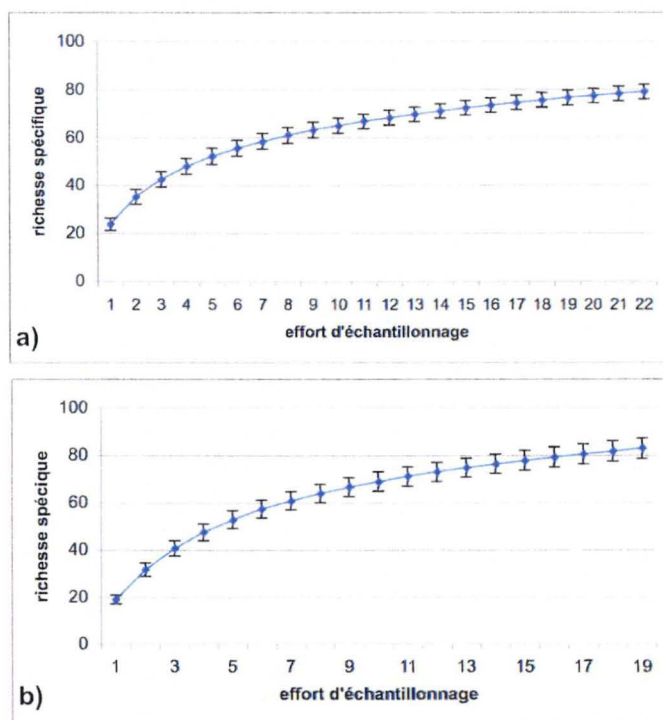


Figure 5 : a) courbe des espèces cumulées pour la pêche aux filets maillants et leurs écarts-types b) courbe des espèces cumulées pour la pêche à la sambwisa et leurs écarts-types. Les deux courbes ont été produites par simulation grâce au logiciel EstimateS.

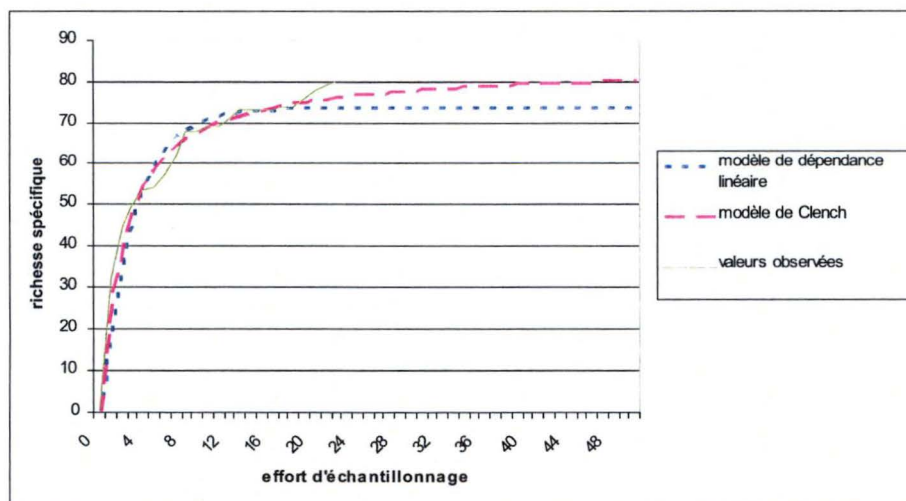


Figure 6 : Courbes des espèces cumulées pour la pêche aux filets maillants. Les modèles asymptotiques ajustés sont aussi indiqués (modèle de dépendance linéaire et de Clench). Pour un nombre élevé d'effort d'échantillonnage, le modèle de Clench donne des valeurs supérieures au modèle de dépendance linéaire et se rapproche donc plus de la réalité.

4.2. Technique de la pêche à la sambwissa

Comme nous l’avons dit précédemment, la pêche à la sambwissa fournit une diversité spécifique plus importante. La courbe fournie par le logiciel EstimateS sous-estime légèrement les valeurs observées (Figure 7) et celles fournies par l’application des deux modèles asymptotiques.

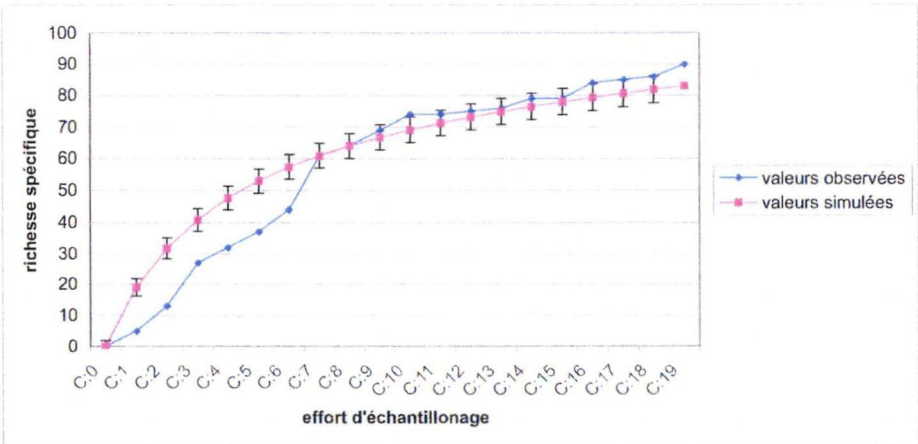


Figure 7 : Courbe des espèces cumulées pour la pêche à la sambwissa selon le nombre d’espèces échantillonnées (avec les écart-types) et simulées par le logiciel EstimateS.

La figure 8 nous montre les deux courbes cumulatives réalisées par application des modèles asymptotiques aux données observées. Ni le modèle de Clench ni le modèle de dépendance linéaire n’atteint l’asymptote avec le nombre d’échantillonnage effectué (Figure 8 et 9). Dans ce cas-ci, les deux modèles semblent s’accorder sur le nombre d’espèces prédites pour un faible échantillonnage. Mais lorsqu’on regarde le nombre maximal d’espèces pouvant être collectionnées, le modèle de Clench semble surestimer ce nombre par rapport au modèle de dépendance linéaire. Ce dernier estime à 103, le nombre d’espèces maximal. Alors que le modèle de Clench évalue le maximum d’espèces à 151 (Figure 8). Cela se marque plus pour la pêche à la sambwissa que pour la technique classique.

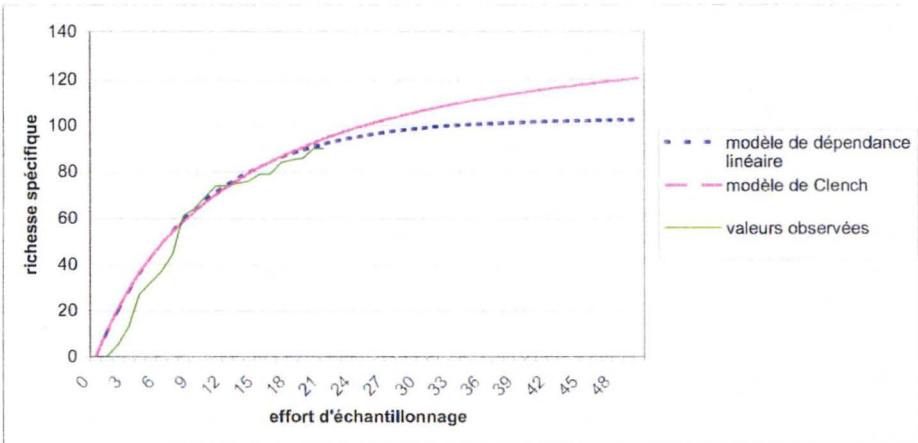


Figure 8 : Courbes des espèces cumulées pour la pêche à la sambwissa. Les modèles asymptotiques ajustés sont aussi indiqués (modèle de dépendance linéaire et de Clench). Aucun des deux modèles n’atteint l’asymptote, mais le modèle de Clench semble surestimer le nombre d’espèces maximales pouvant être collecté par rapport au modèle de dépendance linéaire.

Une brève comparaison des deux techniques de pêche confirme l'hypothèse que la pêche à la sambwissa permet un échantillonnage plus diversifié que la pose des filets. Sur ce point, les deux modèles sont en accord (Figure 9). L'asymptote pour la pêche aux filets maillants, la diversité maximale, est atteinte pour moins de 20 unités de pêche, alors que la pêche à la sambwissa nécessite au minimum 20 unités de pêche.

Dans le cas où l'échantillonnage est adéquat, le modèle de Clench s'ajuste le mieux à la distribution des espèces.

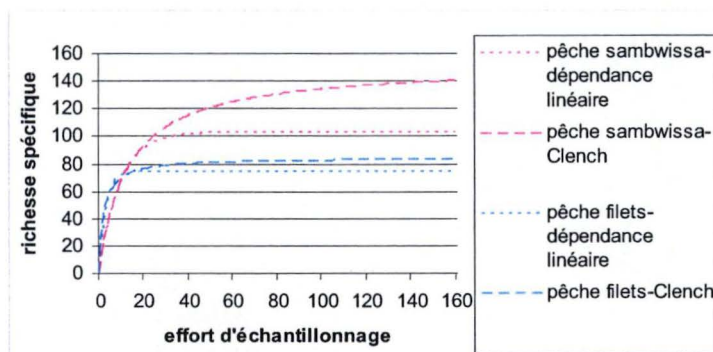


Figure 9 : Graphe de comparaison des courbes cumulatives des espèces en fonction des deux techniques de pêche et selon les deux modèles asymptotiques (Clench et dépendance linéaire). La pêche à la sambwissa permet d'obtenir une plus grande richesse spécifique (RS). Dans les deux cas, le modèle de dépendance linéaire sous-estime la RS par rapport au modèle de Clench.

5. Traits biologiques : richesse fonctionnelle

L'inventaire de la richesse spécifique est coûteux, il demande du temps et des ressources importantes en terme d'expertises taxonomiques. Ce problème est encore plus accentué dans le cadre de la richesse fonctionnelle.

Dans la présente étude, les traits biologiques n'ont pas été exploités pour la mesure de la diversité ichthyologique. Le manque de temps et de matériel sur le terrain ne nous a pas permis de récolter toutes les mesures morphométriques. La diversité des poissons du Pool Malebo est tellement conséquente que la recherche de l'information concernant les différents traits aurait pris plus de temps que celui imparti. De plus la littérature sur la biologie et l'écologie des espèces de poissons de cette région est trop limitée que pour commencer une étude sur les traits biologiques.

6. Discussions

6.1. Analyse des données physico-chimiques

L'analyse en composantes principales apporte peu d'information utile. Aucun des paramètres mesurés ne permet de définir une distribution cohérente des poissons. D'autres paramètres devraient être pris en compte tels que le type de substrats, la profondeur à laquelle les poissons sont pêchés,...

6.2. Structure des peuplements et technique de pêche la plus appropriée

Contrairement à la pêche aux filets maillants, la pêche à la sambwissa ne permet pas de collecter une diversité plus importante au niveau des ordres. En effet, on note la présence de 8 ordres suite à la disparition des Clupeiformes, dont les espèces ne semblent pas être sensibles à cette technique de pêche. Une hypothèse serait que les clupeidae ne se retrouvent pas dans les milieux échantillonnés par la pêche à la sambwissa mais se retrouvent dans les zones plus pélagiques du fleuve.

La différence se marque au niveau des espèces pour lesquelles la pêche à la sambwissa a été plus hétérogène. Ce sont toujours les Mormyridae qui dominent (17 espèces) suivis des Cichlidae (15) (Figure 10), mais la pêche à la sambwissa permet la capture de *Parachanna obscura*, de la famille des Channidae qui n'était pas pris avec l'autre technique.

La pêche au filet n'a entraîné la capture que d'une seule espèce de Tetraodontidae, alors que la méthode traditionnelle a enregistré 4 espèces différentes. Les Distichodontidae sont les plus abondants, avec 32.5 % du total des individus pêchés. Les Alestiidae sont deuxième avec une abondance relative de 17.1 % à égalité avec les Cichlidae (16.8 %). Au sein des Distichodontidae, ce sont les *Distichodus fasciolatus* qui présentent l'abondance la plus importante (27.18 %). Alors que les *Brycinus Imberi* de la famille des Alestiidae prennent une place plus modeste avec 6.5 % (voir Annexe graphiques → graphiques de proportion → graphe proportion espèces filets et samb).

On observe donc un peu plus d'espèces capturées avec la pêche à la sambwissa et le nombre de spécimens capturés avec la pêche aux filets est plus important, avec 3413 contre 2237 pour la pêche à la sambwissa.

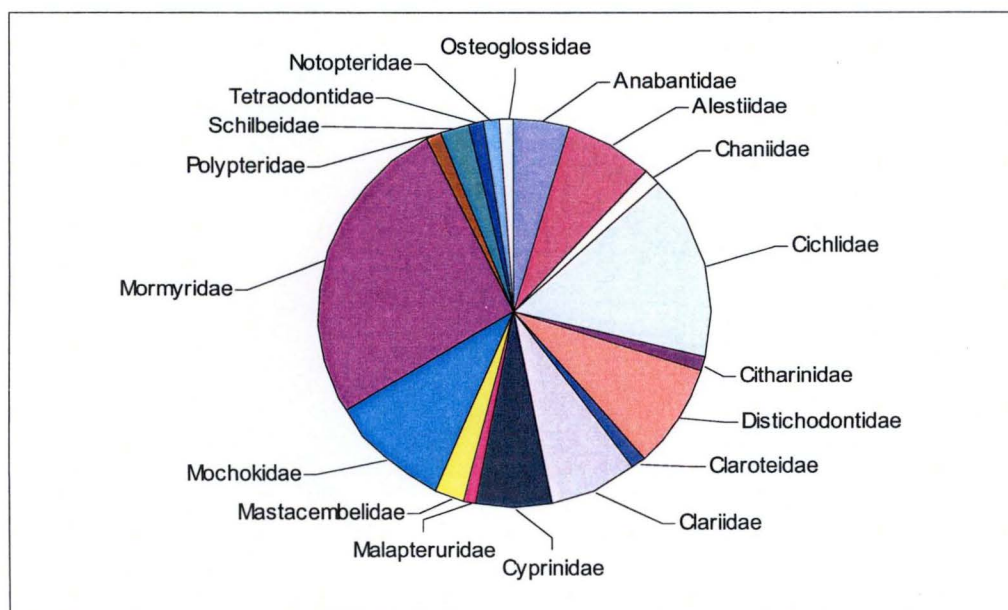


Figure 10 : graphe de proportion des familles pour la région de Kinkole, les 3 îles confondues pour la pêche à la Sambwissa.

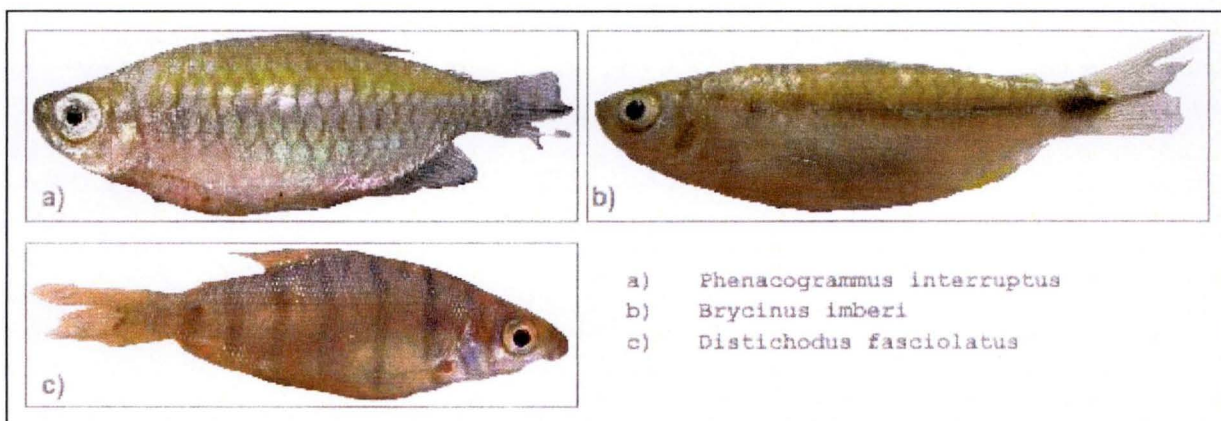


Illustration 2 : Espèces abondantes récoltées avec la pêche à la sambwissa.

En termes d'espèces rares et d'espèces abondantes, la pêche à la sambwissa permet d'attraper 4 espèces supplémentaires par rapport à la pêche aux filets, mais on peut considérer que la méthode classique (pêche aux filets maillants) permet d'attraper plus d'espèces abondantes telles que *Ichthyoborus ornatus*, *Brycinus Imberi*, *Labeo linneatus*, *Tylochromis lateralis*, *Distichodus fasciolatus* et *Phago boulengeri* (Illustration 2).

La pêche traditionnelle à la sambwissa rassemble quant à elle moins d'espèces abondantes à l'exception de *Brycinus imberi*, *Distichodus fasciolatus* et *Phenacogrammus interruptus* qui était beaucoup moins présent lorsqu'il était capturé à l'aide des filets maillants.

Du point de vue des espèces rares, caractérisées arbitrairement par un nombre inférieur à 6 individus, la pêche aux filets maillants en enregistre un moins grand nombre (25 contre 32 pour la pêche à la sambwissa). La méthode classique se caractérise donc par la prise de moins d'espèces rares que la méthode traditionnelle. On note la présence d'espèces remarquables comme *Parachana obscura*, de quelques espèces de Tetraodontidae et d'Anabantidae, ainsi que quelques espèces recherchées par les aquariophiles (*Synodontis decorus*, *S. angelicus*, *Polypertus ornatipinnis*, *Distichodus sexfasciatus*,...). Le graphique d'abondance nous confirme que la pêche aux filets permet de collecter plus d'espèces abondantes.

6.3. Les indices de diversité

L'indice de Shannon donne plus de poids aux espèces rares qu'aux espèces abondantes. Contrairement à l'indice de Simpson qui donne plus de poids aux espèces abondantes, l'indice de Hill tient compte quant à lui du nombre effectif d'individus abondants au numérateur et du nombre effectif d'individus rares au dénominateur. Il semble plus pertinent puisqu'il prend en compte les deux autres indices. Les trois indices s'accordent pour dire que dans les milieux étudiés, que ce soit pour la pêche à la sambwissa ou la pêche aux filets maillants, il y a des espèces rares qui ont été récoltées.

Dans notre cas, l'indice de Shannon est évalué à 3.51 et 3.32 pour la pêche aux filets maillants et pour la pêche à la sambwissa respectivement. Le logiciel EstimateS calcule automatiquement un indice de Shannon. Pour la pêche aux filets maillants, il mesure la diversité à 3.12. La formule utilisée par le logiciel sous-estime légèrement celle utilisée précédemment. Par contre, en ce qui concerne la pêche à la sambwissa, le logiciel arrive à un indice de 3.33 ce qui se rapproche fortement de la valeur de l'indice ci-dessus.

Pour comparaison, les indices de diversité de quelques hydrosystèmes ivoiriens sont compris entre 1.028 et 3.129 (Da Kosta, 2003). Ces hydrosystèmes se situent proches de l'équateur et par définition, ont déjà une biodiversité conséquente. La position géographique de notre milieu d'étude et la valeur de nos indices soutiennent l'hypothèse que nous nous trouvons dans un milieu riche en biodiversité.

On peut également affirmer que les courbes sont influencées indirectement par les indices de Simpson et de Shannon, eux-mêmes fonction de la rareté et de l'abondance des espèces. Les valeurs de l'indice de Shannon obtenues pour la pêche à la sambwissa et la pêche aux filets ne diffèrent pas de manière significative et donc dans notre cas, il n'est pas possible d'établir de relation entre cet indice et la courbe des espèces cumulées obtenues. L'indice de Simpson ne semble pas plus fournir d'information. Nous pouvons juste exploiter les données obtenues grâce aux graphiques de proportions des espèces qui nous renseignent directement sur les espèces abondantes et les espèces rares.

6.4. Les modèles asymptotiques

A notre niveau, nous pouvons affirmer que les courbes cumulatives des espèces sont influencées directement par la richesse spécifique et l'abondance relative. Ces courbes sont donc influencées par les indices de Shannon et de Simpson.

Les sites d'étude avec une plus haute diversité auront donc une pente initiale plus raide pour leur courbe cumulative des espèces et une estimation de la richesse spécifique avec d'autant moins d'effort de capture.

Les sites présentant une plus grande proportion d'espèces rares et quelques espèces abondantes sont caractérisés par une courbe avec un faible point d'inflexion par rapport à l'axe y et une longue pente pour arriver jusqu'à l'asymptote (Thompson & Whitters, 2002).

Comme nous l'avons déjà fait remarquer précédemment, la pente de la courbe cumulative des espèces pour la pêche à la sambwissa est plus faible (le paramètre b étant plus élevé) que celle pour la pêche aux filets (Figure 11). De plus l'asymptote qui nécessite une plus longue pente n'est pas atteinte. Cette pêche échantillonne suffisamment d'espèces rares pour que l'asymptote ne soit pas atteinte, nécessitant donc un plus grand échantillonnage pour arriver au plateau attendu. Ceci permettrait de prédire de manière encore plus précise la richesse spécifique. Par contraste, la courbe des espèces cumulée pour la pêche aux filets fournit une pente plus raide que précédemment (Figure 11). Il semblerait que cette méthode fournisse un plus grand nombre d'espèces abondantes, ce qui expliquerait la forme de la pente initiale et le plateau rapidement atteint fournissant par le fait même une estimation de la richesse spécifique avec moins d'effort d'échantillonnage.

L'observation des courbes cumulées confirme les conclusions tirées à partir des indices de diversité, c'est à dire la présence d'espèces rares dans la région du port de Kinkole.

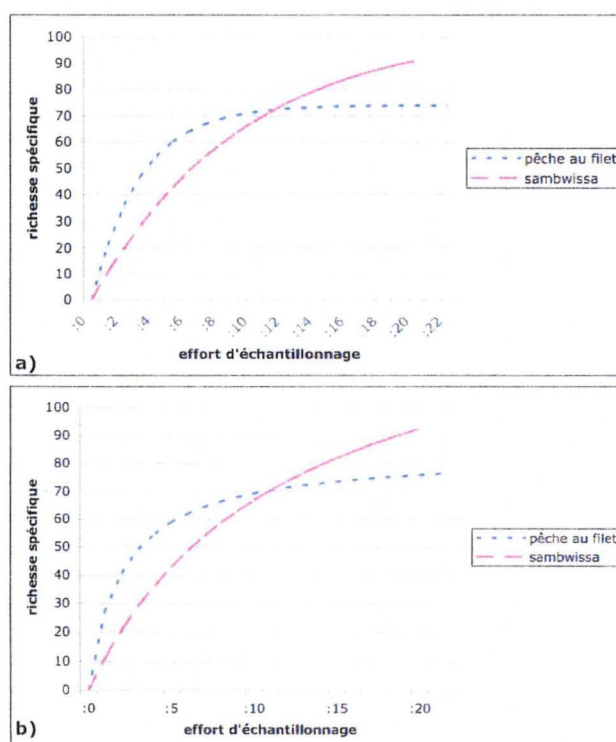


Figure 11 : a) Courbe des espèces cumulées selon le modèle de dépendance linéaire. b) Courbe des espèces cumulées selon le modèle de Clench. Selon les deux modèles, la pêche à la sambwissa présente une pente faible et une asymptote non atteinte tandis que la pêche aux filets maillants est caractérisée par une pente raide et une asymptote rapidement atteinte.

La figure 12 résume les points qui viennent d'être discutés. Pour un indice de Shannon élevé, la présence d'espèces rares renforce l'effet d'« aplatissement » de la courbe et repousse son asymptote. La capture de plus d'espèces abondantes aura un effet positif sur la pente de la courbe et entraînera l'arrivée précoce de l'asymptote. Notre cas d'étude peut être considéré comme exceptionnel puisque nous arrivons à deux courbes cumulatives des espèces caractéristiques. La courbe de la pêche aux filets atteint rapidement le plateau et celle de la pêche à la sambwissa possède une pente suffisamment faible pour ne pas atteindre l'asymptote.

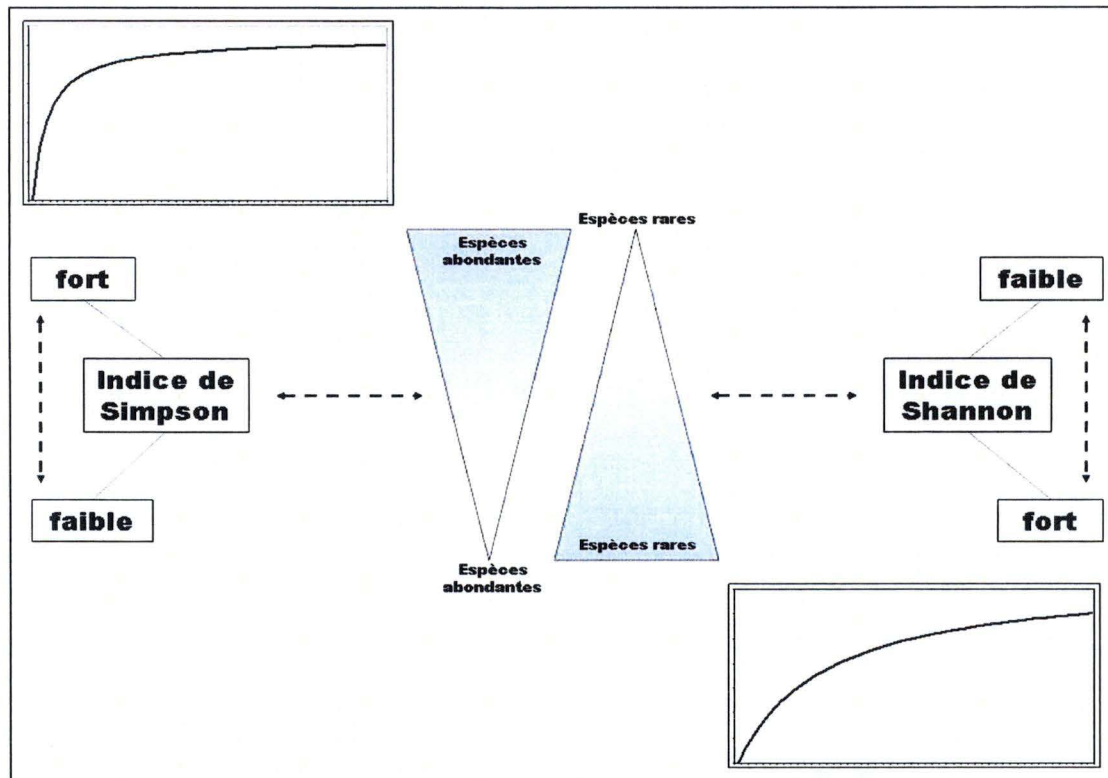


Figure 12 : Influence des indices de Simpson et de Shannon sur les courbes cumulatives des espèces en fonction du nombre d'espèces rares et d'espèces abondantes de poissons. Les courbes ont été obtenues à partir du modèle de Clench pour la pêche à la sambwissa (coin inférieur droit) et la pêche aux filets maillants (coin supérieur gauche).

Si on observe les courbes produites par les deux modèles asymptotiques pour la pêche aux filets maillants d'une part et pour la pêche à la sambwissa d'autre part, on observe que la courbe fournie par le modèle de dépendance linéaire présente le « plancher » ou limite inférieure et le modèle de Clench, le « plafond » ou limite supérieure (Figure 13). La courbe cumulative des espèces observées se positionne normalement entre les deux (Moreno & Halfpiter, 2000).

Sur la figure 13, dans le cas de la pêche à la sambwissa, l'asymptote prédite par le modèle de dépendance linéaire est plus basse que le nombre d'espèces enregistrées. A l'opposé, la courbe cumulative élaborée par le modèle de Clench pour la pêche à la sambwissa présente une asymptote supérieure aux valeurs observées.

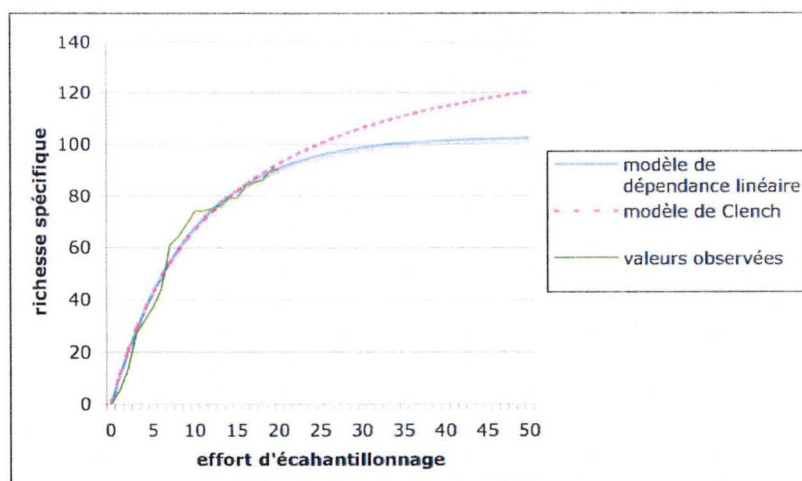


Figure 13 : Courbes cumulatives pour la pêche à la sambwissa. Le modèle de dépendance linéaire représente la limite « plancher » tandis que le modèle de Clench représente la limite « plafond ». La courbe des espèces observées devrait théoriquement se prolonger entre les deux modèles asymptotiques.

Sur base de nos observations et de celles élaborées par Moreno & Halfiter (2000), nous pouvons affirmer que pour effectuer une évaluation juste et cohérente de la diversité ichthyologique, il est conseillé d'utiliser les deux modèles asymptotiques. Les modèles ne peuvent prédire le nombre exact d'espèces présentes dans le milieu. Ces modèles donnent une estimation sur base d'un échantillonnage connu et souvent incomplet. Par extrapolation, ils donnent une valeur de la richesse spécifique aussi précise que possible. Chaque modèle tient compte de deux formules différentes, et ne donnent donc pas la même estimation de la biodiversité.

Les deux modèles utilisés dans cette étude ne sont pas les seuls existants. De nombreux modèles non linéaires ont été proposés pour établir le lien entre la diversité spécifique et l'effort d'échantillonnage (Graham & Whitters, 2003).

Jusqu'ici, nous avons produit une courbe cumulative des espèces mais nous aurions pu également produire une courbe cumulative à différents niveaux taxonomiques comme les genres, les familles, les ordres. Mais le problème est qu'au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'échantillonnage, le nombre de genres, familles ou ordres atteint une asymptote beaucoup plus rapidement que le nombre d'espèces. Ce phénomène est d'autant plus marqué que l'on monte dans les rangs taxonomiques comme le montre la Figure 14.

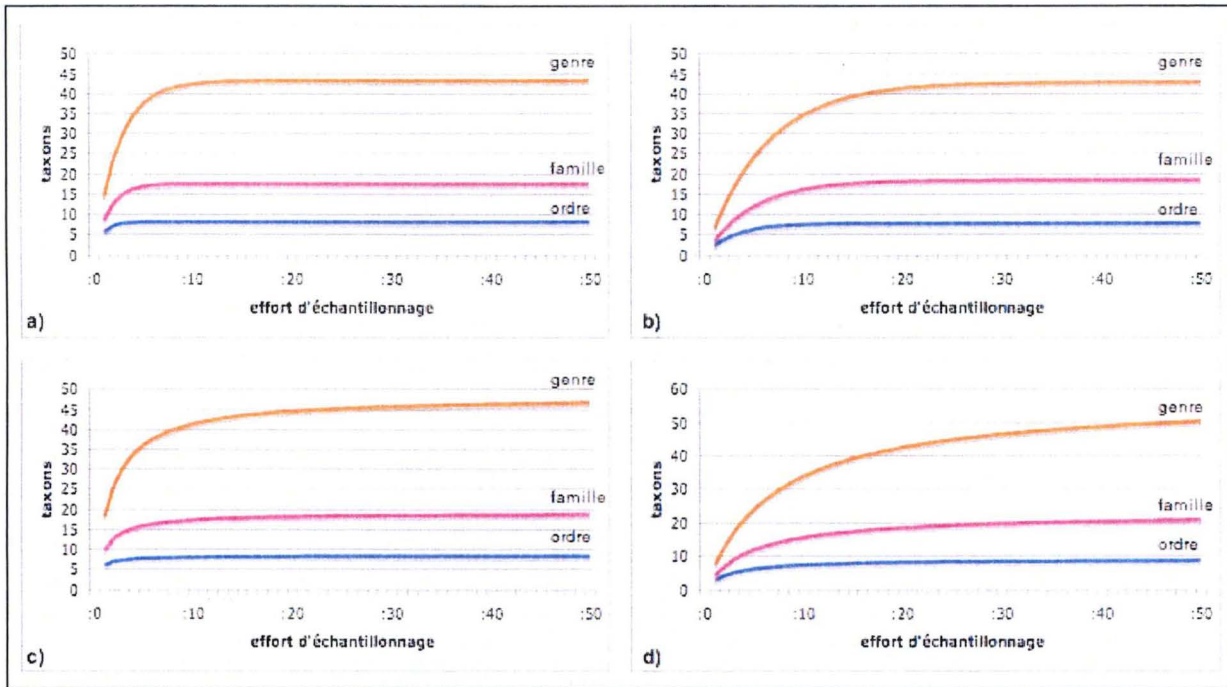


Figure 14 : Exemple de courbes cumulatives des taxons pour les genres, les familles et les ordres. La courbe pour les ordres et les familles atteint l'asymptote pour un nombre plus petit d'échantillon que la courbe cumulative des genres. a) Courbe cumulative pour la pêche aux filets maillants selon le modèle de dépendance linéaire. b) Courbe cumulative pour la pêche à la sambwissa selon le modèle de dépendance linéaire. c) Courbe cumulative pour la pêche aux filets maillants selon le modèle de Clench. d) Courbe cumulative pour la pêche à la sambwissa pour le modèle de Clench.

Conclusions et Perspectives

Conclusions et perspectives

La richesse spécifique est un élément central de la biodiversité. Extrapoler du connu à l'inconnu, du passé au futur est un processus essentiel et courant des disciplines biologiques traditionnelles. Les futurs inventaires de la biodiversité ont besoin de processus d'échantillonnages standardisés et de méthodes d'extrapolation.

Nos résultats nous donnent un premier aperçu de la diversité ichtyologique de la région de Kinkole. La technique des courbes cumulatives des espèces qui est une des plus développées dans le domaine de la biodiversité évalue à 151 espèces la richesse spécifique de cette région par le modèle de Clench. Ce modèle nous renseigne également sur le fait que la pêche à la sambwissa, par sa pente initiale et sa forme générale permet la capture de plus d'espèces rares qu'aux filets maillants. La pêche traditionnelle permet d'évaluer la diversité ichtyologique de la région de Kinkole à 8 ordres pour 21 familles et 50 genres tandis que la pêche aux filets maillants estime la richesse du milieu à 9 ordres pour 19 familles et 47 genres.

La pêche à la sambwissa offre une plus grande diversité (83 espèces). Comme nous l'avons fait remarquer précédemment, l'utilisation de la pêche à la sambwissa et de la pêche aux filets maillants n'est pas suffisante pour collectionner l'ensemble des espèces présentes. Les techniques de pêche à l'épuisette, aux filets dérivant, à la palangre, ... sont autant de techniques permettant un échantillonnage le plus complet possible.

Dans la continuité de ce travail, nous pensons qu'il serait utile d'effectuer des pêches de jour pour la pêche aux filets et d'augmenter l'effort d'échantillonnage dans le temps en vue d'atteindre le maximum de richesse spécifique défini par l'asymptote de la courbe cumulative des espèces. Ainsi, nous obtiendrions une représentation plus exhaustive de la diversité ichtyologique.

L'évaluation de la structure des peuplements a été réalisée uniquement dans la région du port de Kinkole. A l'avenir, l'échantillonnage pourrait se poursuivre également aux alentours de Kinsuka et de Maluku en incluant également les cours d'eau qui se jettent dans le fleuve Congo au niveau du Pool. Nous pourrions établir un gradient amont-aval depuis Maluku jusque Kinsuka et obtenir ainsi une évaluation vraiment représentative de la richesse spécifique du Pool Malebo dans son entièreté cette fois.

La courbe pour la pêche aux filets maillants atteint son asymptote tandis que la courbe pour la pêche à la sambwissa ne l'atteint pas, signifiant donc que la diversité maximale n'est pas atteinte. Nous devons faire remarquer que nous n'avons utilisé que deux modèles asymptotiques et qu'il en existe d'autres. Chacun des modèles représente la limite inférieure et supérieure de la richesse spécifique estimée. Les deux modèles utilisés tiennent compte de deux paramètres. Dans la littérature, différents auteurs proposent des modèles à deux, trois, quatre paramètres tenant compte de divers aspects du milieu échantillonné. Foggo (2003) propose que ce soit le modèle qui surestime le plus la richesse spécifique qui soit retenu. Il serait bon de tenir compte de ces paramètres lors d'une élaboration plus approfondie de la courbe cumulative des espèces.

L'indice de Shannon est évalué à 3.51 et 3.32 pour la pêche aux filets maillants et à la sambwissa respectivement. L'indice de Simpson est de 0.92 et 0.91 pour les mêmes pêches respectivement. Tous deux s'accordent pour confirmer que nous nous trouvons bien dans un milieu riche en biodiversité. L'indice de Hill confirme les résultats des deux autres indices (0.95 et 0.96). Un échantillonnage plus conséquent et plus espacé dans le temps pourrait

fournir un calcul plus précis de ces indices ainsi qu'une évaluation de la diversité au cours des années.

Actuellement, la plupart des évaluations de la biodiversité sont encore basées sur la richesse spécifique (Kempton, 2002) mais l'utilisation future des traits biologiques permettrait probablement de mieux rendre compte de la diversité existante dans la région du Pool Malebo considérée. La richesse fonctionnelle calculée sur base des traits biologiques donne une information plus complète car elle tient compte des différents aspects écologiques et biologiques de chaque espèce de poissons et fournit une image fonctionnelle du milieu.

A l'heure où l'évaluation de la biodiversité est un projet essentiel dans le contexte des changements globaux, l'étude réalisée ici marque un point de départ pour la mise en œuvre d'une future gestion de conservation. Dans cette région du globe où la diversité est extraordinaire, la protection de cette richesse est le devoir de tous.

Actuellement, l'immigration des militaires et des réfugiés dans les environs du port de Kinkole pose problème. De plus, l'aquariophilie peut avoir des conséquences notables sur les espèces recherchées dans ce domaine. L'utilisation des ressources fluviales est peu contrôlée, et enfin, le fleuve subit une certaine pollution au niveau de Kinshasa.

Avant toute chose il est nécessaire de faire prendre conscience à la population locale de la richesse qu'elle possède. La conservation passe avant tout par la sensibilisation du public à cette biodiversité.

Le grand danger est que ces populations fassent les mêmes erreurs que les pays industrialisés au niveau de la pollution et de la destruction des habitats. Comment une ville de plus de 7 millions d'habitants peut-elle ne pas avoir d'effet sur la diversité environnante, non seulement ichtyologique mais aussi à d'autres niveaux d'organisation ?

C'est au niveau de cette population qu'il faut agir dès maintenant car il y a effectivement urgence.

Par ailleurs, il faudrait acquérir une connaissance plus complète des peuplements de poissons de cette région mais aussi de leur variation au cours de l'année, en vue d'établir avec les pêcheurs, un programme de pêche assurant une exploitation durable de cette extraordinaire ressource.

Bibliographie et Appendice

Bibliographie

1. Allison, E.H., Cowan, V. & Paley, R. Procédures opérationnelles standards pour l'Echantillonnage de terrain et le Traitement et Analyses des données de ESBIO. (2000).
2. Allison, E.H., Paley, R.G.T. & Cowan, V.J. Etude Spécialisée de Biodiversité, Avis pour le programme d'Action Stratégique. (2000).
3. Andrew, F., Attrill, M.J., Frost, M.T. & Rowden, A.A. Estimating marine species richness: an evaluation of six extrapolative techniques. *Marine Ecology Progress series* **248**, 15-26 (2003).
4. Bakisi, J.T. Analyses des paramètres physiques, physico-chimiques et chimiques des eaux du Pool Malebo – îlots Mipongo et Japon. (UNIKIN, Kinshasa; 2003).
5. Blondel, J. Guilds or functional groups: does it matter? *OIKOS* **100**, 223-231 (2003).
6. Burgis, M.J. & Simoens, J.J. Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique, Vol. 211. (Paris; 1987).
7. Charvet, S., Roger, M.C., Faessel, B. & Lafont, M. Evaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes par l'utilisation des traits biologiques. *Annls Limnology* **34**, 455-464 (1998).
8. Charvet, S., Statzner, B., Usseglio-Polatera, P. & Dumont, B. Traits of macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshwater Biology* **43**, 277-296 (2000).
9. Colwell, R.K. in www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates, 2005).
10. Colwell, R.K. & Coddington, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 101-118 (1994).
11. Colwell, R.K., Mao, C.X. & Chang, J. Interpolating, extrapolating and comparing incidence-based species accumulating curves. *Ecology* **85**, 2717-2727 (2004).
12. DaCosta, K.S. Structure des peuplements, déterminisme de la diversité spécifique de l'ichtyofaune et pratique durable de la pêche dans quelques hydrosystèmes africains. (UAA, Abobo-Adjame; 2003).
13. Deronde, L. & Symoens, J.J. L'exportation des éléments dominants du bassin du fleuve Zaïre: une réévaluation. *Annales de Limnologie* **16**, 183-188 (1980).
14. Dumay, O., Tari, P.S., Tomasini, J.A. & Muoillot, D. Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, Southern France. *Journal of Fish ecology* **64**, 970-983 (2004).
15. Eale, J.-C.B., Makashi, P.M., Muissa, C., Yassim, B. & Muissa, J.-C. Léo-Kin: cheminement d'une capitale, 1923-2003, de Léopoldville à Kinshasa, Edn. CMCT FCB. (2004).
16. Fishbase in www.fishbase.org/search.php, 2005).
17. Gayraud, S. et al. Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics. *Freshwater Biology* **48**, 2045-2064 (2003).
18. Goffaux, D. Etude de la structure et du fonctionnement des assemblages ichtyologiques en grands cours d'eau en appui au développement de méthodes d'évaluation de leur qualité écologique. (Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix, Namur; 2005).
19. Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* **4**, 379-391 (2001).
20. Guégan, J.-F. & Teugels, G.G. Diversité biologique des poissons d'eaux douces de la Basse-Guinée et de l'Afrique Centrale. *Annales du Musée Royale d'Afrique Centrale* **275**, 67-85 (1994).

21. Halffter, G. & Moreno, C.E. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* **37**, 149-158 (2000).
22. Halffter, G. & Moreno, C.E. On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* **38**, 487-490 (2001).
23. Hanssens, M. & Snoeks, J. Multidisciplinaire onderzoek op de diversiteit van de vissen van het Kongobekken: de vissen van de Beneden kongo en de Pool Malebo. 4 (2004).
24. Hector, A. & Purvis, A. Getting the measure of biodiversity. *Macmillan Magazines Ltd* **405**, 212-219 (2000).
25. Kempton, R.A. Species Diversity, Vol. 4. (John Wiley & Sons, Chichester; 2002).
26. Lévêque, C. & Paugy, D. Les poissons des eaux continentales africaines: Diversité, écologie et utilisation par l'homme. (IRD, 1999).
27. Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G.G. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. (IRD/ex-ORSTOM, 1992).
28. Llorente, J. & Soberon, J. The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology* **7**, 480-488 (1993).
29. M'Bega, J.-D. Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon). (Fundp, Namur; 2004).
30. Mac-Nally, R., Fleishman, E., Bulluck, L.P. & Betrus, C.J. Comparative influence of spatial scale on beta diversity within regional assemblages of birds and butterflies. *Journal of Biogeography* **31**, 917-929 (2004).
31. Mbadu, Z.V. Contribution à l'étude de la biologie et de l'écologie de *Distichodus fasciolatus* (Boulenger, 1898). (UNIKIN, Kinshasa; 2003).
32. Ormerod, S.J. Current issues with fish and fisheries: editor's overview and introduction. *Journal of Applied Ecology* **40**, 204-213 (2003).
33. Persat, H., Olivier, J.M. & Pont, D. Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: fish in the upper Rhône River and its floodplains. *Freshwater Biology* **31**, 439-454 (1994).
34. Poll, M. Révision des Synodontis africains (famille mochokidae), Vol. 191. (Tervuren, Belgique; 1971).
35. Poll, M. & Gosse, J.-P. Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique. (Académie royale de Belgique, 1995).
36. Roy, A., Tripathi, S.K. & Basu, S.K. Formulating diversity vector for ecosystem comparison. *Ecological Modelling* **499-513**, 499-513 (2003).
37. Skelton-Bourgeois, M. Reptiles et batraciens du Stanley Pool, Vol. 8.
38. Stazner, B. & Charvet, S. Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshwater Biology* **43**, 277-296 (2000).
39. Sumaéli, C.M. Etudes floristiques de la végétation des îles Mipongo et Dilolo à Kinkole, Pool Malebo. (2003).
40. Thompson, G.G., Whithers, P.C., Pianka, E.R. & Thompson, S.A. Assessing biodiversity with species accumulation curves; inventories of small reptiles by pit-trapping in Western Australia. *Austral Ecology* **28**, 361-383 (2003).
41. Thys, D.F.E.v.d.A. Révision systématique des espèces congolaises du genre Tilapia (Pisces, Cichlidae), Vol. 124. (Tervuren; 1964).
42. Whithers, P.C. & Thompson, G.G. Effect of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecology* **28**, 355-360 (2003).
43. Zeide, B. Assessing Biodiversity. *Environmental Monitoring and Assessment* **48**, 249-260 (1997).

Appendice A

La plupart des clés d'identification m'ont été communiquées par Mark Hanssens du MRAC de Tervuren.

1. Identification key to the Mastacembelidae species of the Congo ichthyofaunal province (excluding Lake Tanganyika).
2. Audenaerde, T.v.d. Révision systématique des espèces congolaises du genre *Tilapia*. (1964).
3. DeVos A systematic revision of the african Schilbeidae (Teleostei, Siluriformes). (1995).
4. Geerinckx, T., Adriaens, D., Teugels, G.G. & Verraes, W. A systematic revision of the African catfish genus *Parauchenoglanis* (Siluriformes: Claroteidae). *Journal of Natural History* **38**, 775-803 (2004).
5. Gourène, G. & Teugels, G.G. Synopsis de la classification et de la phylogénie des Pellonulinae de l'Afrique Occidentale et Centrale (Teleostei; Clupeidae). *Journal of African Zoology* **108**, 77-91 (1994).
6. Mbega, J.-D. & Teugels, G.G. Révision systématique du genre *Anaspinoglanis* (Siluriformes: Claroteidae) de l'Afrique Centrale. *Cybium* **22**, 223-236 (1998).
7. Norris, S.M. A revision of the African electric catfish, Family Malapteruridae (Teleostei; Siluriformes), with erection of a new genus and descriptions of fourteen new species, and an annotated bibliography, Vol. 289. (Annales Musée royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique; 2002).
8. Paugy, D. Révision systématique des Alestes et Brycinus africains (Pisces, Characidae), Edn. ORSTOM. (Paris; 1986).
9. Paugy, D., Lévêque, C. & Teugels, G.G. Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Edn. IRD/MRAC. (Musée Royale d'Afrique Centrale, Paris/Tervuren; 1990).
10. Poll, M. Distribution géographique des Polypteridae. (1941).
11. Poll, M. Résultats scientifiques de l'exploration hydrobiologique au Lac Tanganyika, Vol. 3. (Annales Musée Royale Afrique Centrale, Tervuren, Belgique; 1953).
12. Poll, M. Révision des Characidae nains africains, Vol. 162. (Annales Musée royale de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique; 1967).
13. Poll, M. Révision des Synodontis africains (famille des mochokidae), Vol. 191. (Annales Musée royale de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique; 1971).
14. Poll, M. & Gosse, J.-P. Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique, Vol. IX. (Académie royale de Belgique, 1995).
15. Stiassny, M. A taxonomic revision of the genus *Tylochromis* (Labroidei, Cichlidae); with notes on the anatomy and relationships of the group, Vol. 258. (Annales Musée Royal d'Afrique Centrale, 1989).
16. Teugels, G.G. A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae), Vol. 247. (Annales Musée Royale de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique; 1986).
17. Teugels, G.G. & Mbega, J.-D. Guide de détermination des poissons du bassin inférieur de l'Ogoué. (Presse Universitaire de Namur, 2003).
18. Thys, v.d.A. Révision systématique des espèces congolaises du genre *Tilapia*, Vol. 8. (Annales Musée royale d'Afrique centrale, 1964).

SECRETARIAT BIOLOGIE
F.U.N.D.P.
Rue de Bruxelles, 59
B 5000 NAMUR (Belgique)
Tél. 081 / 72 44 18 - Fax 081 / 72 44 20

24 AOUT 2005